



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 199 27 951 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 02 D 43/04
F 02 D 13/02

②1 Aktenzeichen: 199 27 951.9
②2 Anmeldetag: 18. 6. 1999
④3 Offenlegungstag: 9. 3. 2000

DE 199 27 951 A 1

③0 Unionspriorität:
10-172539 19. 06. 1998 JP

⑦1 Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Beetz und Kollegen, 80538 München

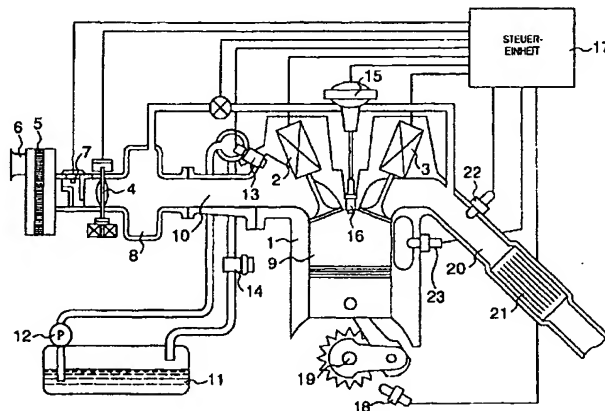
⑦2 Erfinder:
Hori, Toshio, Koya, Hitachinaka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Steuervorrichtung für einen Motor mit elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventilen

⑤7 Es wird eine Steuervorrichtung für einen Motor (1) mit elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventilen (2) geschaffen, durch die die Einlaßventile (2) (beispielsweise zur frühen Aktivierung eines Katalysators (21)) bei einem ausgezeichneten Fahrzustand zweckmäßig gesteuert werden können, ohne daß ungünstige Phänomene, wie eine Schwankung der Drehzahl oder ein Springen des Motors (1), verursacht werden. Die Steuervorrichtung dient dazu, entsprechend dem Fahrzustand der Öffnungs- oder Schließzeitpunkte bei gegebenen Zylindern (9) anders als bei den anderen Zylindern (9) einzustellen.



DE 199 27 951 A 1

PDO30102

CITED BY APPLICANT

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventilen und insbesondere eine Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventilen, die derart aufgebaut ist, daß sie den Zeitpunkt der Betätigung des Einlaßventils jedes Zylinders unabhängig steuert.

Als Mechanismus zur Steuerung des Zeitpunkts der Betätigung der elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventile war herkömmlicher Weise eine in der JP-A-8-200135 offenbarte Technik bekannt. Dieser Mechanismus ist derart aufgebaut, daß er einen tatsächlichen Betätigungszeitpunkt des Ventils erfaßt, den erfaßten Zeitpunkt mit einem für den Antrieb eines elektromagnetischen Ventils gegebenen Befehlswert vergleicht und auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs eine Anomalie des elektromagnetischen Ventils erfaßt.

Die bei diesem Stand der Technik offenbarte Technik zum Antreiben eines elektromagnetischen Ventils ist nicht so aufgebaut, daß eine unabhängige Steuerung des Ventilzeitpunkts für jeden Zylinder berücksichtigt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor mit einem elektromagnetischen Einlaßventil zu schaffen, die derart aufgebaut ist, daß die Bedienbarkeit des elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventils, d. h. die unabhängige Einstellbarkeit des Betätigungszeitpunkts des Einlaßventils jedes Zylinders als Reaktion auf einen elektrischen Befehlswert, im Mittelpunkt steht und daß eine gewünschte Steuerung, wie die Aktivierung eines Katalysators zur Steuerung der Abgasemissionen, sichergestellt wird, deren Vereinbarkeit mit den Fahreigenschaften, wie dem Aufrechterhalten ausgezeichneter Fahreigenschaften im Bedarfsfall, herkömmlicher Weise eine Schwierigkeit darstellte.

Zur Lösung der vorstehend genannten Aufgabe wird eine Steuervorrichtung für einen Motor mit einem elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventil zur Steuerung eines elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventils geschaffen, die das Einlaßventil jedes Zylinders antreiben und steuern kann, wobei mindestens ein Zylinder vorgesehen ist, der sich hinsichtlich des Öffnungs- und Schließzeitpunkts des Einlaßventils in bezug auf den Kurbelwinkel von einem weiteren Zylinder unterscheidet.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 zeigt den Gesamtaufbau eines Motors mit einem erfindungsgemäßen Motorsteuersystem;

die Fig. 4A, 4B und 4C sind Diagramme zur Beschreibung der Funktionsweise eines Motors bei verschiedenen Ventilschließzeitpunkten;

Fig. 5 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Beispiels einer Kennlinie eines Katalysators;

Fig. 8 ist eine Tabelle zur Beschreibung der Funktionsweise eines Motors gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 ist eine Ansicht zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11 ist eine Ansicht eines Motors zur Beschreibung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12 ist eine Ansicht eines Motors zur Beschreibung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Beispiels einer Kennlinie eines Motors;

Fig. 14 ist ein Blockdiagramm zur Beschreibung eines in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthaltenen Steuerungsvorgangs;

Fig. 15 ist eine Schnittansicht, die den Aufbau eines elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventils zeigt, bei dem die vorliegende Erfindung angewendet werden kann;

Fig. 16 ist ein Diagramm zur Beschreibung eines Beispiels einer Kennlinie eines Motors;

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm zur Beschreibung des Aufbaus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 18 ist ein Diagramm zur Beschreibung der Funktionsweise einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19 ist ein Blockdiagramm zur Beschreibung des Aufbaus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 20 ist ein Blockdiagramm zur Beschreibung des Aufbaus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 21 ist ein Blockdiagramm zur Beschreibung des Aufbaus einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 22 ist eine Ablaufübersicht zur Beschreibung der Funktionsweise eines elektromagnetischen Einlaßventils; und

Fig. 23 ist ein Diagramm zur Beschreibung einer Kennlinie eines typischen, im Handel erhältlichen Motors.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen eine Steuervorrichtung für einen Motor mit einem elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventil gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Fig. 3 zeigt den Gesamtaufbau eines Einspritzsystems für einen Zylinder eines Motors mit einem elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventil gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Gemäß Fig. 3 wird ein in einen Motor 1 eingesaugter Luftstrom durch Steuern eines Öffnungsgrads eines Einlaßventils (IV) 2 gesteuert. Das Einlaßventil 2 ist, ebenso wie ein Auslaßventil (EV) 3 ein elektromagnetisches Ventil. Ferner ist zur Unterstützung der Steuerung des Ansaugluftstroms ein elektronisch gesteuertes Drosselventil (ETC) 4 vorgesehen.

Gemäß Fig. 3 kommt die in den Motor 1 eingesaugte Luft von einer Einlaßöffnung 6 eines Luftreinigers 5, passiert einen zum Messen eines Ansaugluftstroms Q_a dienenden Luftstrommesser 7 und gelangt in einen Kollektor 8. Die in den Kollektor 8 eingesaugte Luft wird auf Einlaßrohre eines Verteilers 10 verteilt, die jeweils mit dem Inneren der Zylinder 9 verbunden sind, und dann in eine Brennkammer jedes Zylinders 9 geleitet.

Andererseits wird Kraftstoff, wie Benzin, aus einem Kraftstofftank 11 gesaugt, von einer Kraftstoffpumpe 12 unter Druck gesetzt und anschließend einem Kraftstoffsystem mit einer darin angeordneten Einspritzeinrichtung 13 zuge-

führt. Der unter Druck stehende Kraftstoff wird durch die Einwirkung eines Kraftstoffdruckreglers 14 auf einen konstanten Druck (beispielsweise 3 kg/cm²) gesteuert und dann von der in dem Zylinder 9 vorgesehenen Einspritzeinrichtung 13 in das Innere eines Einlaßrohrs 10 eingespritzt. Der eingespritzte Kraftstoff wird von einer Zündkerze 16 durch ein von einer Zündspule 15 erzeugtes Zündsignal mit einer hohen Spannung entzündet.

Das Bezugszeichen 17 bezeichnet eine Steuereinheit, in die ein Signal von dem Luftstrommesser 7 zur Angabe eines Ansaugluftstroms, ein von einem Kurbelwinkelsensor 18 gesendetes Signal POS für den Winkel einer Kurbelwelle 19 und ein von einem vor einem in einem Auspuffrohr 20 enthaltenen Katalysator 21 vorgesehenen Luft-/Kraftstoff-Sensor (L/K-Sensor) 22 gesendetes Erfassungssignal bezüglich des Abgases eingegeben werden.

Das von dem Luftstrommesser 7 erfaßte Ansaugluftstromsignal wird gefiltert und in einen Luftstromwert umgewandelt. Der Ansaugluftstrom wird durch die Motordrehzahl dividiert und danach mit einem Koeffizienten k multipliziert, um dadurch den Wert des stöchiometrischen Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses zu erhalten. Der resultierende Wert ist eine Breite eines Grundimpulses der Kraftstoffinjektion für einen Zylinder, d. h. eine Grundkraftstoffeinspritzung. Anschließend erfolgt auf der Grundlage der Grundkraftstoffeinspritzung entsprechend einem Antriebszustand des Motors eine Kraftstoffkorrektur. Als nächstes wird die Einspritzvorrichtung derart angetrieben, daß jedem der Zylinder Kraftstoff zugeführt wird. Ferner kann anhand des Ausgangs des im Auspuffrohr vorgesehenen Sensors 22 für das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis das tatsächliche Luft-/Kraftstoff-Verhältnis erfaßt werden. Daher kann gegebenenfalls durch Ausführen eines Regelkreises zum Einstellen einer zugeführten Kraftstoffmenge als Reaktion auf ein Signal des Sensors für das Luft-/Kraftstoff-Verhältnis ein gewünschtes Luft-/Kraftstoff-Gemisch erhalten werden (siehe Fig. 14).

Obwohl das elektromagnetische Einlaßventil 2 und das elektronisch gesteuerte Drosselventil (ETC) 4, wie in Fig. 14 dargestellt, zur Steuerung des eingelassenen Luftstroms dienen, werden die Befehlswerte zum Antreiben des Einlaßventils 2 und des elektronisch gesteuerten Drosselventils (ETC) 4 durch Ausführen der Schritte der Einstellung eines entsprechenden dem Ausmaß, in dem ein Fahrer das Gaspedal betätigt, erforderlichen Soll-Luftstroms, des Einstellens eines Soll-Öffnungswinkels des elektronisch gesteuerten Drosselventils (ETC) anhand des Soll-Luftstroms und des Einstellens eines erforderlichen Zeitpunkts für das elektromagnetische Einlaßventil ermittelt, um unter den durch den Soll-Öffnungsgrad des elektronisch gesteuerten Drosselventils (ETC) und den Soll-Luftstrom gegebenen Bedingungen den Soll-Luftstrom zu erhalten. Das elektronisch gesteuerte Drosselventil (ETC) und das elektromagnetische Einlaßventil werden als Reaktion auf die Sollwerte für die Betätigung des elektronisch gesteuerten Drosselventils (ETC) und des Ventils angetrieben, wie vorstehend ausgeführt, so daß das Ventil und das elektronisch gesteuerte Drosselventil (ETC) zur Zufuhr des Soll-Luftstroms dienen können. Dann wird der dem eingelassenen Luftstrom entsprechende Kraftstoff zugeführt, so daß der Motor derart angetrieben werden kann, daß eine den Absichten des Fahrers entsprechende Leistung erzielt wird.

Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, daß die verschiedenen in Fig. 14 gezeigten Operationen in dem von der Steuereinheit 17 ausgeführten Prozeß enthalten sind.

Fig. 15 zeigt den konkreten Aufbau des Einlaßventils (IV) 2 oder des Auslaßventils (EV) 3. Das Ventil weist einen elektromagnetischen Steuerschieber 31, der eingeschaltet wird, wenn das Ventil geschlossen wird, einen elektroma-

gnetischen Steuerschieber 32, der eingeschaltet wird, wenn das Ventil geöffnet wird, und ein bewegliches Element 33 auf, das zur Aufnahme der Kraft einer Steuerschieberfeder dient und zu dem elektromagnetischen Steuerschieber 31 oder 32 gezogen wird.

Wenn der Motor angehalten wird, wird keiner der elektromagnetischen Steuerschieber 31 und 32 angetrieben, so daß das Element 33 auf eine in Fig. 15 durch eine Linie aus abwechselnd langen und kurzen Strichen dargestellte Mittellinie 34 angehoben wird. Wenn das Ventil geöffnet wird, wird der elektromagnetische Steuerschieber 32 derart angetrieben, daß das bewegliche Element 33 zu der obersten Linie angehoben wird. Wenn das Ventil geschlossen wird, wird der elektromagnetische Steuerschieber 31 derart angetrieben, daß das Element 33 zu der untersten Linie gesenkt wird.

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 ein Beispiel eines Verfahrens zum Antreiben des elektromagnetischen Einlaßventils beschrieben. In Fig. 1 gibt die Abszisse eine Drehphase einer Kurbelwelle im Bereich von einem oberen Totpunkt des Ansaugtakts bis zu einem oberen Totpunkt des Verdichtungtakts an. Die obere Ordinate gibt eine Kolbengeschwindigkeit und die untere Ordinate einen Luftstrom in dem Zylinder an, wenn das Einlaßventil geöffnet und das Auslaßventil geschlossen ist. Zur Vereinfachung der Beschreibung wird die durch das Trägheitsmoment der Luft verursachte Veränderung des Luftstroms in dem Zylinder ignoriert. Der Kolben wird von dem oberen Totpunkt des Ansaugtakts in die in Fig. 3 dargestellte untere Richtung bewegt, so daß die dem Volumen der Bewegung des Kolbens entsprechende Luft in den Zylinder strömt. Daher wird der eingelassene Luftstrom als Integral der Kolbengeschwindigkeit repräsentiert, wie in Fig. 1 dargestellt. Da der Kolben zwischen dem unteren Totpunkt des Ansaugtakts und dem oberen Totpunkt des Verdichtungtakts in die gemäß Fig. 3 obere Richtung bewegt wird, ist die Geschwindigkeit umgekehrt zu dem Ansaughub. Dies bedeutet, daß der eingelassene Luftstrom von einem maximalen Wert beim oberen Totpunkt des Ansaugtakts am oberen Totpunkt des Verdichtungtakts auf Null verringert wird.

Aus dem vorstehend beschriebenen Phänomen geht hervor, daß durch Öffnen des Einlaßventils am oberen Totpunkt des Ansaughubs und Schließen des Einlaßventils bei einem Kurbelwinkel, bei dem der eingelassene Luftstrom den Sollwert erreicht, ein Soll-Luftstrom in den Zylinder zugeführt werden kann. Dies bedeutet, daß zu dem Zeitpunkt, zu dem der Kurbelwinkel bei einem in Fig. 1 gezeigten horizontalen Pfeil die Kennlinie des Soll-Luftstroms schneidet, das Einlaßventil geschlossen wird, wenn der Soll-Luftstrom in den Zylinder zugeführt werden soll. Der Zeitpunkt des Schließens des Zylinders bei einem großen Luftstrom und der Zeitpunkt des Schließens des Zylinders bei einem geringen Luftstrom werden nachstehend beschrieben. Zusätzlich zu dem in Fig. 1 gezeigten Zeitpunkt des Schließens des Einlaßventils existiert ein weiterer Zeitpunkt, zu dem der gleiche Soll-Luftstrom in den Zylinder zugeführt werden kann. Dies bedeutet, es existiert ein in Fig. 2 dargestellter Zeitpunkt, zu dem das Einlaßventil nach dem unteren Totpunkt des Ansaugtakts während des Verdichtungtakts geschlossen wird. Der zuerst genannte Zeitpunkt wird als frühes Schließen des Einlaßventils bezeichnet, und der zuletzt genannte Zeitpunkt wird als späteres Schließen des Einlaßventils bezeichnet.

Die Beziehung zwischen der Phase des Kurbelwinkels und dem Druck in dem Zylinder beim Öffnen oder Schließen des Ventils, wie vorstehend erwähnt, ist in den Fig. 4A, 4B und 4C dargestellt. Die Fig. 4A bis 4C zeigen eine Kennlinie, die auftritt, wenn der dem eingelassenen Luftstrom

entsprechende Kraftstoff zugeführt und verbrannt wird.

Zunächst dient das elektronisch gesteuerte Drosselventil (ETC) in dem in Fig. 4A dargestellten herkömmlichen Ansaugtakt als Luftdosiereinheit zur Realisierung des Soll-Ansaugluftstroms. Der Druck in dem Einlaßrohr ist in bezug auf den Atmosphärendruck ein Unterdruck. Wenn das Einlaßventil geöffnet wird, wird der Druck in dem Zylinder einem Druck in den Einlaßrohr angenähert. Wenn dann der Takt zu dem Verdichtungstakt wechselt, wird die eingelassene Luft komprimiert, so daß der Druck in dem Zylinder höher wird. Zu einem gegebenen Zeitpunkt wird das Gemisch in dem Zylinder von einer Zündkerze entzündet. Die durch die Verbrennung erzeugte Hitze dient einer Expansion des Verbrennungsgases, so daß der Druck in dem Zylinder höher als der vorherige wird. Während dieses Prozesses wechselt der Takt zu einem Arbeitstakt, in dem der hohe Druck verringert wird, da er zum Herunterdrücken des Kolbens dient. Im nachfolgenden Auspuffhub wird das Auslaßventil geöffnet, wenn sich der Druck in dem Zylinder einem Druck des Auspuffrohrs nähert, durch das das Abgas aus dem Zylinder ausgestoßen wird.

Beim frühen Schließen des Einlaßventils weist, wie in Fig. 4B gezeigt, der Druck in dem Zylinder bei offenem Einlaßventil einen Wert auf, der dem Atmosphärendruck näher ist. Der Zeitpunkt, zu dem das Einlaßventil geschlossen wird, wird zu der Kennlinie des herkömmlichen Ansaugtakts verschoben. Nach dem Verdichtungstakt entspricht der Zustand in dem Zylinder dem bei dem herkömmlichen Takt (Fig. 4A), so daß die Kennlinien der Takte mit denen der herkömmlichen Takte übereinstimmen.

Bei dem in Fig. 4C dargestellten späten Schließen des Einlaßventils ist das Einlaßventil im Ansaugtakt offen. Daher nimmt der Druck in dem Zylinder einen dem Atmosphärendruck näheren Wert an. Nach dem Schließen des Einlaßventils im Verdichtungstakt wird, wie beim frühen Schließen des Einlaßventils, die gleiche Kennlinie wie bei den herkömmlichen Takt (Fig. 4A) erhalten.

Hier wird davon ausgegangen, daß die Arbeit durch den Motor nach außen erfolgt. Die ausgeführte Arbeit wird anhand des Integrationsvorgangs der Kennlinie des Zylinderdrucks bestimmt. Bei dem vom oberen Totpunkt zum unteren Totpunkt gerichteten Takt erfolgt die positive Arbeit, wogegen bei dem umgekehrt ausgerichteten Takt die negative Arbeit ausgeführt wird. Es wird darauf hingewiesen, daß hinsichtlich des Ansaug- und des Verdichtungtakts der Wert der von dem Motor ausgeführten negativen Arbeit in dem herkömmlichen Ansaugtakt (Fig. 4A) größer ist als der Wert der Arbeit beim Betrieb mit einem frühen Schließen und einem späteren Schließen (Fig. 4B bzw. 4C). Dies bedeutet, daß beim frühen Schließen bzw. bei späten Schließen die thermische Effizienz bzw. die Kraftstoffökonomie besser als beim herkömmlichen Ansaugtakt sind. Dies ist einer der Vorteile der von dem elektromagnetischen Einlaßventil ausgeführten Steuerung.

Als nächstes wird die Funktionsweise der Erfindung aus einem weiteren Blickwinkel beschrieben. Das Abgas aus dem Motor enthält im allgemeinen Kohlenmonoxid CO, Kohlenwasserstoff HC und Stickoxide NOx. Zum Verhindern des Ausstoßes dieser unerwünschten Komponenten in die Atmosphäre ist der Katalysator 31 zum Oxidieren und Reduzieren dieser Komponenten zu deren Umwandlung in harmlose Komponenten vorgesehen. Hierbei ist es zur Aktivierung des Katalysators erforderlich, den Katalysator auf eine vorgegebene Temperatur zu erwärmen, wodurch ein hinreichender Wirkungsgrad der Umwandlung erzielt wird. Fig. 7 zeigt ein Beispiel der Kennlinie der Umwandlung. Dies bedeutet, daß der Katalysator unmittelbar nach dem Anlassen des Motors die gleiche Temperatur wie die Atmo-

sphäre aufweist. In diesem Zustand ist die Effizienz der Umwandlung gering. Nach dem Anlassen des Motors wird der Katalysator durch das Abgas sowie die Oxidation von CO und HC erwärmt und schließlich aktiviert. Daher ist die rasche Aktivierung des Katalysators nach dem Anlassen unter dem Gesichtspunkt der Steuerung der Abgasemission wirkungsvoll.

Hierbei ist ein Zylinder, wie in Fig. 8 dargestellt, derart eingestellt, daß das Einlaßventil im Steuerungsmodus des frühzeitigen Schließens des Einlaßventils zu einem frühen Zeitpunkt geschlossen wird, und ein weiterer Zylinder ist auf einen späten Zeitpunkt eingestellt. Gemäß Fig. 8 sind der erste und der vierte Zylinder derart eingestellt, daß das Einlaßventil zu einem späten Zeitpunkt geschlossen wird, und der zweite und der dritte Zylinder sind derart eingestellt, daß das Einlaßventil zu einem frühen Zeitpunkt geschlossen wird. Diese zeitliche Abstimmung der Ventile ist beispielsweise in Fig. 1 dargestellt. Dies bedeutet, daß ein Zylinder derart eingestellt ist, daß das Ventil später geschlossen wird als zu dem Zeitpunkt, zu dem das Einlaßventil entsprechend dem Soll-Luftstrom geschlossen wird, und daß ein weiterer Zylinder derart eingestellt ist, daß das Ventil früher geschlossen wird als zu dem Zeitpunkt, zu dem das Einlaßventil entsprechend dem Soll-Luftstrom geschlossen wird. Bei dem späten Schließen des Einlaßventils tritt der in Fig. 2 dargestellte Zustand auf. Der Luftstrom und die Kraftstoffmenge für jeden Zylinder nehmen den in Fig. 9 dargestellten Zustand an, in dem der Zylinder, bei dem das Einlaßventil über eine lange Zeitspanne geöffnet gehalten wird, einen großen Ansaugluftstrom aufweist, wogegen der Zylinder, bei dem das Einlaßventil über eine kurze Zeitspanne offen gehalten wird, einen kleinen Ansaugluftstrom aufweist. Es liegt jedoch keine Differenz zwischen den Kraftstoffmengen vor, wenn der Kraftstoff zugeführt wird, ohne daß ein Unterschied zwischen den Zylindern gemacht wird. Daher stößt, wie in Fig. 8 dargestellt, der Zylinder, bei dem das Einlaßventil über eine lange Zeitspanne geöffnet ist, ein mageres Abgas aus, wogegen der Zylinder, dessen Einlaßventil über eine kurze Zeitspanne geöffnet ist, ein fettes Abgas ausstößt. In diesem Zustand empfängt der Katalysator abwechselnd fettes und mageres Abgas, wie in Fig. 5 dargestellt. Das Verhältnis an überschüssigem Sauerstoff in dem Abgas nimmt einen großen Wert an, wenn das magere Abgas magerer als das stöchiometrische Verhältnis ist und wenn das magere Abgas empfangen wird, wie in Fig. 5 dargestellt. Der Katalysator dient der zeitweiligen Absorption und dem Einfangen der zu oxidierenden Gaskomponenten, wie HC und CO, und der Oxidation von HC und CO, wenn sich Sauerstoff in der Atmosphäre befindet. Wenn das aus dem fetten Gemisch erhaltene Abgas in den Katalysator gelangt, fängt der Katalysator HC und CO ein. Wenn das aus dem mageren Gemisch erhaltene Abgas in den Katalysator gelangt, oxidiert der Katalysator HC und CO mit Sauerstoff in dem Abgas. Zu einem Zeitpunkt wird der Katalysator durch die Oxidation erwärmt. Daher können, wenn dieser Vorgang bei einer niedrigen Temperatur ausgeführt wird, bevor der Katalysator hinreichend aktiviert ist, die Steuerung der Abgasemissionen und die frühe Aktivierung des Katalysators realisiert werden.

Fig. 6 zeigt die Temperatur des Katalysators, die Dichte des HC im Abgas und die Temperatur des Kühlmittels des Motors, die auftreten, wenn der vorstehend beschriebene Vorgang ausgeführt wird. Es wird darauf hingewiesen, daß bei der erfindungsgemäßen Steuerung der zeitlichen Abstimmung des Einlaßventils die Temperatur des Katalysators rasch erhöht und der Ausstoß von HC unterdrückt werden.

Wenn hierbei unter der Voraussetzung, daß jeder Zylinder

den gleichen Ansaugluftstrom aufweist, die Kraftstoffzufuhr derart gesteuert wird, daß das Gemisch fett oder mager eingestellt wird, wird bezüglich der frühen Aktivierung des Katalysators die vorstehend beschriebene Wirkung erzielt. Da den Zylindern jedoch unterschiedliche Kraftstoffmengen zugeführt werden, sind die bei der Verbrennung erzeugten Drücke in den jeweiligen Zylindern unterschiedlich, so daß die Motorleistung schwankt, wodurch Probleme wie eine Schwankung der Motordrehzahl oder Sprünge des Motors verursacht werden. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung des Ansaugluftstroms durch Steuern der zeitlichen Abstimmung des Einlaßventils ist die Explosion andererseits im wesentlichen in jedem Zylinder gleichmäßig, so daß die vorstehend genannten Probleme vermieden werden.

Gemäß Fig. 1 kann die vorliegende Steuerung nicht ausgeführt werden, wenn der Soll-Luftstrom zu groß ist, um den Zylinder auf einen großen Ansaugluftstrom einzustellen. Dies bedeutet, daß die vorliegende Steuerung nicht ausgeführt werden kann, wenn es erforderlich ist, daß der Luftstrom für einen Ansaugtakt größer als ein vorgegebener Wert ist. Daher umfassen die Bedingungen für die Bestimmung, ob die vorliegende Steuerung ausgeführt werden soll, vorzugsweise die Bedingung, daß der durchschnittliche Soll-Ansaugluftstrom für einen Verbrennungszyklus mit dem vorgegebenen Wert übereinstimmt oder kleiner als dieser ist.

Die Bedingungen zur Bestimmung, ob die vorliegende Steuerung ausgeführt werden soll, können auch die Bedingung einschließen, daß der Zylinder, für den ein mageres Gemisch eingestellt werden soll, um dem Katalysator Sauerstoff zuzuführen, auf einem Luft-/Kraftstoffverhältnis gehalten wird, dessen Wert geringer als der des stöchiometrischen Luft-/Kraftstoffverhältnisses ist. Da jedoch eine stabile Verbrennung schwer zu erzielen ist, wenn der Motor noch eine niedrigere Temperatur aufweist und die Verdampfung des dem Motor zugeführten Kraftstoffs nicht ausreichend ist, wird eine stabile Verbrennung im allgemeinen durch eine derartige Zufuhr von Kraftstoff realisiert, daß ein fettes Gemisch erhalten wird, das fetter als das stöchiometrische Verhältnis ist. Wenn daher die vorliegende Steuerung zur zeitlichen Abstimmung der Ventile in einem derartigen Zustand ausgeführt wird, erfolgt keine stabile Verbrennung. Dies bedeutet, daß es zweckmäßig ist, die vorliegende Steuerung nicht auszuführen, wenn die Temperatur des Motors niedriger als ein bestimmter Wert ist. Ferner ist die vorliegende Steuerung wirkungslos, wenn sie ausgeführt wird, wenn der Motor aufgewärmt und der Katalysator aktiviert ist. Aus den vorstehend genannten Gründen ist es zweckmäßig, in Abhängigkeit von der von einem Temperatursensor 23 erfaßten Temperatur des Kühlmittels des Motors zu bestimmen, ob die vorliegende Steuerung eingeleitet oder beendet wird. Konkret wird die vorliegende Steuerung vorzugsweise vor der Beendigung des Aufwärmens des Motors bei einer Kühlmitteltemperatur zwischen ca. 15°C und 60°C ausgeführt, wobei zwischen diesen Temperaturen bei einem mageren Luft-/Kraftstoffverhältnis eine stabile Verbrennung durch den Motor sichergestellt werden kann. Überdies ist die Aufgabe der vorliegenden Steuerung eine rasche Aktivierung des Katalysators. Daher sollte die vorliegende Steuerung nicht im gesamten Bereich der Kühlmitteltemperatur ausgeführt werden, sondern in einem Bereich, in dem die Aufgabe erfüllt werden kann.

Daneben wird die Steuerung im allgemeinen zur Erfassung der Komponenten des Abgases durch den Sensor für das Luft-/Kraftstoffverhältnis und zum anschließenden Ermitteln des Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses auf der Grundlage der erfaßten Komponenten ausgeführt. Wird je-

doch die Steuerung in dem geschlossenen Regelkreis ausgeführt, um die Zylinder auf fette oder magere Luft-/Kraftstoffverhältniswerte einzustellen, ist die Erfassung des durchschnittlichen Luft-/Kraftstoffverhältnisses durch den Sensor für das Luft-/Kraftstoffverhältnis nicht möglich. Daher können bei der Steuerung in dem geschlossenen Regelkreis ein nicht wünschenswertes Luft-/Kraftstoffverhältnis oder eine Abweichung erfaßt werden. Dies bedeutet, daß es bei einer Steuerung jedes Zylinders auf ein fettes oder mageres Luft-/Kraftstoffverhältnis vorzuziehen ist, die Steuerung der zeitlichen Abstimmung der Ventile auf der Grundlage des Ausgangs des Sensors für das Luft-/Kraftstoffverhältnis nicht auszuführen.

Der Ausgang des Luftstrommessers gibt einen Durchschnittswert der eingelassenen Luftströme sämtlicher Zylinder an und repräsentiert den in Fig. 18 durch eine Linie aus abwechselnd langen und kurzen Strichen dargestellten Luftstromwert. Hierbei wird die Kraftstoffzufuhr von dem durchschnittlichen Luftstrom und dem durchschnittlichen Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis sämtlicher Zylinder abgeleitet, und das Luft-/Kraftstoffverhältnis jedes der Zylinder sollte so eingestellt werden, daß die vorstehend beschriebene Arbeit des Katalysators am effektivsten ausgeführt werden kann. Es ist daher vorzuziehen, das Verfahren zur Bestimmung des durchschnittlichen Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses sämtlicher Zylinder zu verwenden, das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis jedes einzelnen Zylinders entsprechend der Differenz zwischen dem fetten oder dem mageren Wert und dem durchschnittlichen Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis zu bestimmen und das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis für jeden Zylinder einzustellen. Dies bedeutet, daß die Anzahl der auf den fetten Wert eingestellten Zylinder mit der Anzahl der auf den mageren Wert eingestellten Zylinder übereinstimmen sollte.

Bei einem V-Motor mit zwei Reihen können das Auspuffrohr und der Katalysator für jede Reihe einzeln angeordnet sein, wie in Fig. 11 dargestellt. Gemäß Fig. 11 sind die linke Reihe 43 und die rechte Reihe 44 jeweils mit Auspuffrohren ausgestattet, die jeweils mit einem individuellen Katalysator 42 verbunden sind. Da bei diesem Motor die Anzahl der Zylinder in einer Reihe eine ungerade Zahl ist, sind die Anzahl der Zylinder mit einem fetten Luft-/Kraftstoffverhältnis und die Anzahl der Zylinder mit einem mageren Luft-/Kraftstoffverhältnis in einer Reihe für einen Katalysator nicht gleich. Dennoch wird erfindungsgemäß jeder Zylinder in jeder Reihe einzeln auf ein fettes Luft-/Kraftstoffverhältnis oder ein mageres Luft-/Kraftstoffverhältnis eingestellt, wobei die Anzahl der Zylinder mit einem fetten Luft-/Kraftstoffverhältnis und die Anzahl der Zylinder mit einem mageren Luft-/Kraftstoffverhältnis in den beiden Reihen derart eingestellt sind, daß sie übereinstimmen.

Ein weiteres Beispiel der Anordnung der Katalysatoren eines V-Motors ist in Fig. 12 dargestellt. Anders als der in Fig. 11 dargestellte Aufbau ist dieses derart aufgebaut, daß die Auspuffrohre der rechten Reihe und der linken Reihe hinter den Katalysatoren jeder Reihe vereinigt sind und danach die Auspuffrohre mit einem weiteren gemeinsamen Katalysator 45 verbunden sind. Als Einrichtung zur Zufuhr des aus dem fetten oder dem mageren Gemisch erhaltenen Abgases zu dem stromabseitigen Katalysator 45 ist es möglich, den durchschnittlichen Schließzeitpunkt der Einlaßventile in der rechten Reihe anders in der linken Reihe einzustellen und dem Katalysator das Abgas des mageren Luft-/Kraftstoffgemischs von der rechten Reihe zuzuführen und das Abgas des fetten Luft-/Kraftstoffgemischs bei seinem Ausstoß durch die linke Reihe zuzuführen, wodurch der Katalysator rasch aktiviert wird.

Der Öffnungs- und der Schließzeitpunkt des Einlaßventils

sind, wie vorstehend beschrieben, auf eine gegebene Phase eines Kurbelwinkels eingestellt. Die Reaktion Öffnung und Schließung des Ventils ist jedoch zeitabhängig. Wie aus Fig. 15 hervorgeht, wird das bewegliche Element 33 durch die Magnetkraft der elektromagnetischen Steuerschieber 31 und 32 angezogen. Dies bedeutet, daß die Reaktionszeit des beweglichen Elements zwischen dem Beginn und dem Ende der Bewegung des Elements durch die Anziehungskraft und die Masse des Elements bestimmt wird. Dies bedeutet, daß bei einer Steigerung der Motordrehzahl die erforderliche zeitliche Abstimmung der Ventile rascher wird, wogegen das elektromagnetische Einlaßventil eine gegebene Zeitspanne benötigt, um auf die Anforderung zu reagieren. Daher kann der Fall eintreten, daß die angeforderte zeitliche Abstimmung der Ventile bei einigen Reaktionsleistungen des elektromagnetischen Einlaßventils nicht realisiert wird. Konkret ist die minimale Dauer einer Hin- und Her-Bewegung bei der schnellsten Betätigung des Ventils festgelegt. Wenn bei einer sehr hohen Motordrehzahl ein Umschalten in einer kürzeren Periode als der Mindestdauer angefordert wird, ist es dem elektromagnetischen Einlaßventil nicht möglich, einer derart raschen Betätigung zu folgen. Wenn die Motordrehzahl schneller als ein bestimmter vorgegebener Wert ist, ist es daher nicht zweckmäßig, die vorliegende Ventilsteuerung auszuführen.

Wenn ferner der Übergang von einem Zustand, in dem die Einlaßventile sämtlicher Zylinder den gleichen Antriebszeitpunkt aufweisen, zu einem Zustand erfolgt, in dem die Ventile der Zylinder individuelle Antriebszeitpunkte aufweisen, oder wenn umgekehrt der Übergang von einem Zustand, in dem sämtliche Zylinder ihre individuellen Zeitpunkte haben, zu einem Zustand erfolgt, in dem die Zylinder die gleichen Zeitpunkte aufweisen, kann der in jedem Zylinder einzusaugende Luftstrom aus einem vorgegebenen Verbrennungszyklus schrittweise verändert werden, wogegen die Kraftstoffmenge nicht von einem vorgegebenen Verbrennungszyklus aus schrittweise verändert werden darf, da die Veränderung des Zustands des an der Innenwand der Einlaßöffnung haftenden Kraftstoffs eine Verzögerung der Reaktion bei einer Veränderung verursacht. Bei dem vorstehend genannten Zustandsübergang ist es daher zweckmäßig, den Zeitpunkt der Betätigung des Einlaßventils allmählich zu verändern, so daß die zeitliche Abstimmung der Veränderung des Kraftstoffzustands folgen kann.

Der auf einen fetten Wert einzustellende Zylinder und der auf einen mageren Wert einzustellende Zylinder können unter dem Gesichtspunkt einer Funktionsanforderung für die Steuerung umgekehrt eingestellt werden. Andererseits existiert ein Fall, in dem bestimmte Zylinder immer auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert bzw. auf einen mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellt werden, aufgrund einer Fehlfunktion in den Zylindern mit dem fetten Luft-/Kraftstoffverhältnis eine mangelhafte Verbrennung stattfindet und sich dann Kohlenstoff auf der Zündkerze ablagert. Der Kohlenstoff auf der Zündkerze kann durch eine durchgehende Verbrennung bei einer hohen Temperatur entfernt werden. Daher ist die Verbrennung mit einem mageren Luft-/Kraftstoffverhältnis effektiver. Erfolgt jedoch die in der vorliegenden Steuerung enthaltene Einstellung auf ein fettes Luft-/Kraftstoffverhältnis konstant bei bestimmten Zylindern, ist eine Selbstreinigung bei Kohlenstoffablagerungen weniger zu erwarten. Daher werden zur Verbesserung der vorstehend beschriebenen Selbstreinigung der Zündkerze bei jedem Anlassen des Motors bzw. bei jedem Eintreten des Motors in die vorliegende Steuerung die auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinder mit den auf einen mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten ausgetauscht und umgekehrt.

Im folgenden wird ein konkretes Verfahren zur Steuerung der Betätigung des elektromagnetischen Einlaßventils beschrieben.

Fig. 19 zeigt ein Ablaufdiagramm einer Berechnung zur Ermittlung eines Befehlswerts zum Antreiben des Einlaßventils gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es weist einen verhältnismäßig einfachen Inhalt auf. In einem Schritt 101 wird ein zum Erhalt der dem Ausmaß der Betätigung des Gaspedals, das die vom Fahrer gewünschte Motorleistung angibt, entsprechenden Motorleistung erforderlicher Luftstrom berechnet. Wenn das vorliegende System die gleiche Leistungskennlinie wie das herkömmliche System bieten muß, das derart aufgebaut ist, daß das Gaspedal mechanisch mit dem Drosselventil verbunden ist, weist das Verfahren die in Fig. 23 dargestellte Kennlinie auf. Die Beziehung zwischen dem Ausmaß der Betätigung des Gaspedals (dem Niederdrücken des Gaspedals) und dem erforderlichen Luftstrom wird nicht linear eingestellt, wie in Fig. 23 dargestellt. Daher kann der erforderliche Luftstromwert durch Abfragen einer Datentabelle bestimmt werden. Andererseits wird der erforderliche Luftstrom in einem Schritt 102 aus der angeforderten Motorleistung abgeleitet, für die die Betätigung des Gaspedals nicht relevant ist. Hier wird als repräsentatives Beispiel ein Luftstromwert für den Leerlaufbetrieb beschrieben. Der Luftstromwert für den Leerlaufbetrieb wird anhand der zum Halten der Motordrehzahl auf einer Soll-Leerlaufdrehzahl erforderlichen Motorleistung bestimmt, durch die das Reibungs-/Trägheitsmoment des Motors, der Antrieb einer Klimaanlage und eines Generators zum Erhalt elektrischen Stroms, eine Antriebsleistung einer Ölpumpe für eine Servolenkung, etc. bewältigt werden. Weitere Überlegungen sind die Erfordernisse einer mit einer konstanten Drehzahl laufenden Vorrichtung und eines erforderlichen Werts einer Traktionssteuerung als Erfordernis einer negativen Leistung.

In einem Schritt 103 wird eine Operation zur Berechnung eines insgesamt erforderlichen Luftstroms durch Summieren der in den Schritten 101 und 102 erhaltenen erforderlichen Werte ausgeführt. In einem Schritt 104 erfolgt, wie in Fig. 1 dargestellt, die Umwandlung der Kennlinie, um den Sollwert für den gemeinsamen Ventilöffnungszeitpunkt für sämtliche Ventile zu berechnen.

Andererseits wird in einem Schritt 105 eine Operation zum Ermitteln der Differenz des Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses jedes Zylinders ausgeführt, die die Wirkung der Aktivierung des Katalysators in einem frühen Stadium bietet. Der erforderliche Wert weist eine komplizierte Kennlinie auf, die auf der chemischen Leistung des Katalysators basiert. Daher ist es zu bevorzugen, auf der Grundlage der Kühlmitteltemperatur einen eingestellten Wert aus der Datentabelle abzurufen.

In einem Schritt 106 wird eine Operation zur Berechnung einer Verschiebungsgröße des Ventilöffnungszeitpunkts anhand der Soll-Differenz des Luft-/Kraftstoffverhältnisses und des im Schritt 105 ermittelten erforderlichen Luftstroms ausgeführt. Unter der Voraussetzung, daß die Kraftstoffzufuhr konstant ist, wird die Veränderung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses aus einem Verhältnis der Veränderung des zuzuführenden Luftstroms zu dem ursprünglichen Luftstrom abgeleitet. Daher ist es durch Multiplikation des Verhältnisses der Differenz des Luft-/Kraftstoffverhältnisses zu dem Bezugs-Luft-/Kraftstoffverhältnis mit dem erforderlichen Luftstrom möglich, die Differenz des zugeführten Luftstroms abzuleiten. Dann ist es durch Multiplikation der Differenz des zugeführten Luftstroms mit einer durch die Veränderung des Schließzeitpunkts des Einlaßventils verursachten Verstärkung der Veränderung des Luftstroms möglich, die Größe der Verschiebung des Zeitpunkts abzuleiten.

Wird davon ausgegangen, daß die durch die Veränderung des Schließzeitpunkts des Einlaßventils verursachte Verstärkung der Veränderung des Luftstroms konstant ist, wird Vorstehendes durch die verhältnismäßig einfache Formel (Differenz des Luft-/Kraftstoffverhältnisses)/(Bezugs-Luft-/Kraftstoffverhältnis) · (erforderlicher Luftstrom) · (Verstärkung) realisiert.

In einem Schritt 108 wird der Ventilschließzeitpunkt des auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinders, (Soll-Ventilschließzeitpunkt) – (Größe der Verschiebung des Zeitpunkts), von dem in den Schritten 104 und 107 erhaltenen Schließzeitpunkt des Einlaßventils als Parameter abgeleitet. Ebenso wird in einem Schritt 109 der Ventilschließzeitpunkt des auf einen mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinders, (Soll-Ventilschließzeitpunkt) – (Größe der Verschiebung des Zeitpunkts), aus selbigem abgeleitet.

In einem Schritt 111 wird das Einlaßventil auf der Grundlage des im Schritt 110 abgeleiteten Ventilöffnungszeitpunkts und des in den Schritten 108 und 109 erhaltenen Ventilschließzeitpunkts jedes Zylinders gesteuert. Die konkrete Steuerung des Antriebs des Einlaßventils wird nachstehend beschrieben. Die in Fig. 22 dargestellte Reaktion des Ventils enthält ineffektive Zeiten und Verzögerungszeiten um den Befehlswert zum Öffnen und Schließen des Steuerschiebers, die sich mit der Umgebung des Ventils verändern können. Die ineffektiven Zeiten und Verzögerungszeiten werden geschätzt. Unter Bezugnahme auf die geschätzten Werte wird der Ausgabezeitpunkt für den Befehl zum Öffnen und Schließen des Steuerschiebers derart bestimmt, daß eine Übereinstimmung des effektiven Öffnungs- bzw. Schließzeitpunkts mit dem erforderlichen Wert ermöglicht wird.

Der im Schritt 110 ermittelte Soll-Ventilöffnungszeitpunkt befindet sich am oberen Totpunkt, wenn ein einfaches physikalisches Phänomen auftritt, wie unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben. Tatsächlich existiert jedoch der Trägheitsladungseffekt der eingelassenen Luft als Faktor zur Bestimmung der Einlaßeffizienz des Motors. Dieser Effekt hat einen Einfluß auf den Öffnungszeitpunkt des Einlaßventils. Ferner hat bei der Implementierung einer Abgasrückführung der Öffnungszeitpunkt des Einlaßventils einen Einfluß auf die innere Abgasrückführung. Daher ist es erforderlich, den Öffnungszeitpunkt des Einlaßventils entsprechend dem Soll-Antriebszustand des Motors zu steuern. Im Schritt 110 wird der Soll-Öffnungszeitpunkt des Einlaßventils als Reaktion auf diese Erfordernisse bestimmt.

Bei der unter Bezugnahme auf Fig. 19 beschriebenen Ausführungsform wird davon ausgegangen, daß die durch die Veränderung des Schließzeitpunkts des Einlaßventils verursachte Verstärkung der Veränderung des Luftstroms konstant ist. Dies ist der Fall, wenn die erforderlichen Einlaßluftströme A, B und C sind, wie in Fig. 10 dargestellt. Die Anwendung der vorliegenden Erfindung auf die erforderlichen Einlaßluftströme D, E und F verursacht jedoch einen ungünstigen Zustand. Wird davon ausgegangen, daß der durchschnittliche erforderliche Luftstrom der Zylinder A ist, der erforderliche Luftstrom des auf einen fetten Wert eingestellten Zylinders C ist und der erforderliche Luftstrom des auf einen mageren Wert eingestellten Zylinders B ist, sind die erforderlichen Ventilschließzeitpunkte für diese Luftströme aufgrund der in Fig. 10 durch eine dünne Linie dargestellten Beziehung a, c und b. Die durch eine dicke Linie dargestellte Beziehung zwischen dem Luftstrom und dem Ventilöffnungszeitpunkt hat unter A, B und C im wesentlichen eine konstante Neigung. Wenn daher $(B - A) = (A - C)$ gilt, gilt auch $(b - a) = (a - c)$. Dies bedeutet, daß davon ausgegangen wird, daß die durch die Veränderung des Schließzeitpunkts des Einlaßventils verursachte Verstärkung der

Veränderung des Luftstroms konstant ist.

Unter den erforderlichen Luftströmen D, E und F kann jedoch, wie aus Fig. 10 hervorgeht, keine ähnliche Beziehung hergestellt werden. Dies liegt daran, daß die durch die Veränderung des Schließzeitpunkts des Einlaßventils verursachte Verstärkung der Veränderung des Luftstroms innerhalb des Bereichs verändert wird.

Fig. 17 zeigt eine Ausführungsform, bei der die vorliegende Erfindung auf die in Fig. 10 dargestellten Bereiche D, E, und F angewendet wird.

Die Prozesse in den Schritten 121, 122, 123, 124 und 125 weisen ähnliche Funktionen wie die der Schritte 101, 102, 103, 105 und 106 auf. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Prozesse in den Schritten nach dem Schritt 125, d. h. in den Schritten 126 und 127, von denen der vorstehend beschriebenen Ausführungsform. In den Schritten 126 und 127 wird zum Erhalt des Soll-Luftstroms für jeden Zylinder bei den auf einen mageren Wert eingestellten Zylindern die anhand des erforderlichen Luftstroms ermittelte Soll-Steigerung oder -Verminderung des Luftstroms addiert, wogegen sie für die auf einen fetten Wert eingestellten Zylindern subtrahiert wird. Das konkrete Verfahren ist ein Einstellen der in Fig. 1 dargestellten Kennlinien in einer Datentabelle und ein Abrufen des geeigneten Werts für den Soll-Luftstrom aus der Datentabelle. Als Reaktion wird das Einlaßventil in den Schritten 130 und 131 angetrieben. Die Prozesse in den Schritten 130 und 131 haben ähnliche Funktionen wie die der in Fig. 19 dargestellten Schritte 101 und 111. Der Vorteil dieser Ausführungsform ist, wie vorstehend erwähnt, die Steuerung der Einstellung eines fetten oder eines mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswerts für jeden Zylinder über einen weiten Bereich von Ventiltriebszeitpunkten, wobei diese Ausführungsform im Vergleich zu der in Fig. 19 dargestellten Ausführungsform aufgrund der Abfrage der Tabelle eine Operationen mehr aufweist. Im allgemeinen enthält der Prozeß für die Tabellenabfrage einen Vergleich der Größe numerischer Werte, eine Multiplikation und eine Division. Wenn ein Mikrocomputer diese Operationen ausführt, wird daher der Mikrocomputer mit den Berechnungen belastet.

Fig. 20 zeigt eine Ausführungsform, bei der der Motorzustand präziser gesteuert wird. Die Prozesse in den Schritten 141 bis 151 haben ähnliche Funktionen wie die der in Fig. 17 gezeigten Schritte 121 bis 131. Dies bedeutet, daß die Antriebssteuerung des Einlaßventils der unter Bezugnahme auf Fig. 17 beschriebenen Operation ähnlich ist. Hierbei steht bei der unter Bezugnahme auf Fig. 17 beschriebenen Ausführungsform die Bestimmung einer eingespritzten Kraftstoffmenge nicht in direkter Beziehung mit der in Fig. 19 gezeigten deskriptiven Rate, wogegen bei der unter Bezugnahme auf Fig. 20 beschriebenen Ausführungsform in den Schritten 153 und 154 eine Operation zur Ermittlung eines Korrekturkoeffizienten für einen auf einen fetten und einen auf einen mageren Wert eingestellten Zylinder anhand des im Schritt 144 für jeden Zylinder abgeleiteten Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses ausgeführt wird. Der Korrekturkoeffizient für die Effizienz der Verbrennung wird unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben. Fig. 13 zeigt ein Diagramm zur Repräsentation einer unter der Voraussetzung, daß der zugeführte Luftstrom bei einer konstanten zugeführten Kraftstoffmenge durch eine Einstellung des Betätigungszeitpunkts des Einlaßventils veränderlich gehalten wird, bei einer Veränderung des Verhältnisses an überschüssigem Sauerstoff auftretenden Veränderung der Motorleistung. In diesem Diagramm bezeichnet $\lambda = 1$ den stöchiometrischen Zustand, in dem der zugeführte Kraftstoff mit der zugeführten Luft ordnungsgemäß verbrannt wird. In einem Zustand, in dem das Verhältnis an überschüssiger Luft

kleiner als $\lambda = 1$ ist, d. h. bei einem fetten Gemisch, kann ein Teil des zugeführten Kraftstoffs aufgrund des mangelhaften Luftstroms nicht verbrannt und in Motorleistung umgewandelt werden, wodurch die Motorleistung verringert wird, wenn das Verhältnis an überschüssiger Luft kleiner eingestellt wird. Andererseits ist in einem Zustand, in dem das Verhältnis an überschüssigem Sauerstoff größer als $\lambda = 1$ ist, d. h. bei einem mageren Luft-/Kraftstoffverhältnis, die Luftzufuhr quantitativ groß genug zur Verbrennung des gesamten zugeführten Kraftstoffs. Eine Verbrennung des in einer begrenzten Verbrennungszeit nicht verbrannten Kraftstoffs ist jedoch bei einer Vergrößerung des Verhältnisses an überschüssiger Luft wahrscheinlicher, wodurch bei einer Vergrößerung des eingelassenen Luftstroms die Effizienz der Verbrennung verbessert und der Verlust im Ansaugtakt verringert werden, wodurch die Effizienz der Verbrennung ebenfalls verbessert wird. Dadurch wird bei einer Steigerung des Verhältnisses an überschüssiger Luft die Motorleistung allmählich gesteigert. Ferner wird die Motorleistung aufgrund einer schlechteren Verbrennung verringert, wenn das Gemisch magerer als ein bestimmtes Verhältnis an überschüssiger Luft ist.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, erzeugt der auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellte Zylinder eine geringere Motorleistung, wogegen der auf einen mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellte Zylinder eine höhere Motorleistung erzeugt, wenn jeder Zylinder einen individuellen eingelassenen Luftstrom, jedoch die gleiche Kraftstoffzufuhr wie die anderen erhält. Daher ist es durch eine zu der Leistungsveränderung beider Arten von Zylindern umgekehrte Korrektur der entsprechenden Kraftstoffmenge möglich, die Leistung des auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinders mit der Leistung des auf einen mageren Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinders in Übereinstimmung zu bringen. In einem Schritt 153 wird eine Operation zum Erhalt der der verringerten Leistung des auf einen rechten Wert eingestellten Zylinders entsprechenden Steigerungsrate des Kraftstoffs als Korrekturkoeffizient für die Effizienz der Verbrennung ausgeführt. In einem Schritt 154 wird eine Operation zum Erhalt einer der gesteigerten Leistung des auf einen mageren Wert eingestellten Zylinders entsprechenden Verringerungsrate des Kraftstoffs als Korrekturkoeffizient für die Effizienz der Verbrennung ausgeführt. Konkret ist es vorzuziehen, die in bezug auf die in Fig. 13 dargestellten Kennlinien umgekehrten Kennlinien in einer Datentabelle einzustellen und dann zum Erhalt der Korrekturkoeffizienten eine Abfrage der Tabelle auszuführen. In den Schritten 155 und 156 werden zur Ermittlung der Soll-Menge an eingespritztem Kraftstoff für jeden Zylinder die Korrekturkoeffizienten für die Effizienz der Verbrennung mit der im Schritt 152 ermittelten Menge des eingespritzten Kraftstoffs multipliziert. Dann wird in den Schritten 157 und 158 das Kraftstoffeinspritzventil jedes Zylinders für diese Menge an eingespritztem Kraftstoff für jeden Zylinder angetrieben.

Ferner unterscheidet sich, streng gesehen, der erforderliche Zündzeitpunkt bei einer individuellen Einstellung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses für jeden Zylinder von dem der anderen Zylinder. Fig. 16 zeigt die Beziehung zwischen dem Verhältnis an überschüssiger Luft, die im wesentlichen das Luft-/Kraftstoffverhältnis bestimmt, und dem erforderlichen Zündzeitpunkt. Da die Verbrennungsgeschwindigkeit im allgemeinen höher ist, wenn das Verhältnis an überschüssiger Luft klein ist, wird der erforderliche Zündzeitpunkt verzögert, wogegen der erforderliche Zündzeitpunkt vorgezogen wird, wenn das Verhältnis an überschüssiger Luft klein ist, da die Verbrennungsgeschwindigkeit niedrig ist.

Dies bedeutet, daß der Zündzeitpunkt bei dem auf einen fetten Luft-/Kraftstoffverhältniswert eingestellten Zylinder vorzugsweise verzögert wird, um der in Fig. 16 dargestellten Kennlinie zu entsprechen, wogegen der Zündzeitpunkt bei dem auf einen mageren Luft-/Kraftstoffwert eingestellten Zylinder durch den gleichen Prozeß vorgezogen wird, um eine ordnungsgemäße Verbrennung zu realisieren. Eine Ausführung der vorliegenden Erfindung zur Realisierung einer derartigen Steuerung ist in Fig. 21 dargestellt. Der in den Schritten 161 bis 171 ausgeführte Prozeß hat eine ähnliche Funktion wie der in den in Fig. 19 dargestellten Schritten 101 bis 111 ausgeführte Prozeß. Dies bedeutet, daß die Steuerung zum Antreiben des Einlaßventils mit der unter Bezugnahme auf Fig. 19 beschriebenen Steuerung übereinstimmt. Bei der unter Bezugnahme auf Fig. 19 beschriebenen Ausführungsform steht die Bestimmung des Zündzeitpunkts nicht in einer direkten Beziehung mit dem Rahmen der Beschreibung unter Bezugnahme auf Fig. 19, wogegen bei der unter Bezugnahme auf Fig. 20 beschriebenen Ausführungsform in Schritten 173 und 174 die Korrekturen für die Zündzeitpunkte der auf einen fetten Wert und der auf einen mageren Wert eingestellten Zylinder anhand des im Schritt 165 ermittelten Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses jedes Zylinders ermittelt werden. Konkret ist es vorzuziehen, die in Fig. 16 dargestellten Kennlinien in einer Tabelle einzustellen und für Korrekturen die Tabelle abzufragen. In den Schritten 175 und 176 werden zum Erhalt des Soll-Zündzeitpunkts für jeden Zylinder diese Korrekturen für die Zündzeitpunkte zu dem in Schritt 172 ermittelten, sämtlichen Zylindern gemeinsamen Zündzeitpunkt addiert. Im Schritt 177 wird zu dem wie vorstehend beschrieben erhaltenen Zündzeitpunkt jedes Zylinders ein Zündsignal ausgegeben.

Die vorstehende Beschreibung betrafe einige Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Steuervorrichtung für einen Motor mit einem elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventil. Es erübrigt sich, darauf hinzuweisen, daß die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist und auf verschiedene Arten modifiziert werden kann, ohne daß vom Rahmen der in den beiliegenden Ansprüchen beschriebenen Erfindung abgewichen würde.

Die erfindungsgemäße Steuervorrichtung für einen Motor mit einem elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventil ist zur unabhängigen Betätigung des Einlaßventils jedes Zylinders durch einen elektrischen Befehlswert geeignet. Daher ermöglicht die vorliegende Erfindung die Realisierung einer Kompatibilität und die Sicherstellung einer gewünschten Steuerung sowie eine Bedienbarkeit zu jedem erforderlichen Zeitpunkt, wobei die gewünschte Steuerung eine Aktivierung des Katalysators in einem frühen Stadium ohne ungünstige Phänomene, wie eine Schwankung der Motordrehzahl oder ein Springen des Motors, umfaßt.

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für einen Motor (1) mit elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventilen (2), bei der jedes der elektromagnetisch angetriebenen Einlaßventile (2) einzeln angetrieben und gesteuert wird, und die eine Einrichtung zur Steuerung einer gegebenen Anzahl an Zylindern aufweist, wobei sich mindestens einer der Zylinder hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts der Einlaßventile in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheidet.
2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine Operation zur Zufuhr von Kraftstoff zu dem Motor (1)

ausgeführt wird, um den gegebenen Zylindern und den anderen Zylindern auf der Grundlage der gleichen Operation Kraftstoff zuzuführen.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Anzahl der gegebenen Zylinder mit der Anzahl der anderen Zylinder übereinstimmt.

4. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine beliebige Anzahl der gegebenen Zylinder und der anderen Zylinder derart gesteuert wird, daß die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Einlaßventile (2) in bezug auf einen Soll-Wert für den Bezugszeitpunkt verzögert sind, und die weiteren derart gesteuert werden, daß der Öffnungs- und der Schließzeitpunkt des Einlaßventils (2) in bezug auf den Soll-Bezugswert vorgezogen sind, wobei die Verzögerungszeitspanne und die Zeitspanne des Vorziehens den gleichen absoluten Wert aufweisen.

5. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung die folgenden Schritte ausführt:

Ableiten eines für jeden der Zylinder gleichen Soll-Ansaugluftstroms;

Ableiten einer Soll-Steigerung oder -Verringerung des Luftstroms für jeden Zylinder;

Summieren der Soll-Steigerung oder -Verringerung und des Soll-Luftstroms zum Ableiten eines Soll-Luftstroms für jeden der gegebenen Zylinder;

Ableiten eines Betätigungszeitpunkts für die Einlaßventile der gegebenen Zylinder anhand des Soll-Luftstroms für jeden Zylinder und Ableiten des Soll-Luftstroms für jeden der anderen Zylinder außer den gegebenen Zylindern durch Verringern der Soll-Steigerung oder -Verringerung des Soll-Luftstroms;

Ableiten des Betätigungszeitpunkts der Einlaßventile der anderen Zylinder anhand des Soll-Luftstroms jedes der anderen Zylinder; und

Bestimmen der Zylinder unter den gegebenen Zylindern und den anderen Zylindern, deren Einlaßventil zu dem Betätigungszeitpunkt angetrieben werden soll, auf der Grundlage eines Fahrzustands und Antreiben des Einlaßventils (2).

6. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuereinrichtung den folgenden Schritt ausführt:

zur Korrektur des dem Motor (1) zuzuführenden Kraftstoffes wird bei den gegebenen Zylindern die Kraftstoffzufuhr zu den gegebenen Zylindern derart korrigiert, daß die Effizienz der Verbrennung durch das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis der gegebenen Zylinder korrigiert werden kann, und die korrigierte Kraftstoffmenge wird zugeführt; und bei den anderen Zylindern wird die Kraftstoffzufuhr zu den anderen Zylindern derart korrigiert, daß die Effizienz der Verbrennung durch das Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnis der anderen Zylinder korrigiert werden kann, und die korrigierte Kraftstoffmenge wird zugeführt.

7. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Temperatur des Kühlmittels des Motors (1) geringer als eine Erwärmungstemperatur des Motors ist, wobei die gegebenen Zylinder derart gesteuert werden, daß sie sich hinsichtlich des Öffnungs- und Schließzeitpunkts des Einlaßventils (2) in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden.

8. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Motor mehrere Reihen aufweist, wobei die gegebenen Zylinder in jeder Reihe derart gesteuert werden, daß sie sich hinsichtlich des Öffnungs- und Schließzeitpunkts in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden.

9. Steuervorrichtung nach Anspruch 8, bei der sich ein durchschnittlicher Öffnungs- oder Schließzeitpunkt der

Einlaßventile (2) in bezug auf den Kurbelwinkel in einer Reihe von einem durchschnittlichen Öffnungs- oder Schließzeitpunkt der Einlaßventile (2) in bezug auf den Kurbelwinkel in der anderen Reihe unterscheidet.

10. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der sich die gegebenen Zylinder hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts der Einlaßventile (2) in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden und bei der sich die gegebenen Zylinder hinsichtlich des Zündzeitpunkts von den anderen Zylindern unterscheiden.

11. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der bei einer Verstellung des Steuerzustands der anderen Zylinder, bei denen sich der Öffnungs- oder Schließzeitpunkt der Einlaßventile (2) in bezug auf den Kurbelwinkel von dem der gegebenen Zylinder unterscheidet, auf einen Steuerzustand, bei dem die Betätigungszeitpunkte der Einlaßventile (2) sämtlicher Zylinder die gleichen Werte aufweisen, die Betätigungszeitpunkte allmählich verstellt werden.

12. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuerung, bei der sich die gegebenen Zylinder hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden, jedesmal ausgeführt wird, wenn der Motor (1) angelassen wird.

13. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuerung, bei der die gegebenen Zylinder sich hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden, ausgeführt wird, wenn der durchschnittliche Soll-Ansaugluftstrom eines Verbrennungszyklus mit einem vorgegebenen Wert übereinstimmt oder kleiner als dieser ist.

14. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuerung, bei der die Steuerung, bei der die gegebenen Zylinder sich hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden, verhindert wird, wenn die Drehzahl des Motors größer als ein vorgegebener Wert ist.

15. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Steuerung zur Einstellung der Kraftstoffzufuhr auf der Grundlage eines tatsächlichen Luft-/Kraftstoffverhältnisses des Abgases verhindert wird, wenn die Steuerung ausgeführt wird, bei der die gegebenen Zylinder sich hinsichtlich des Öffnungs- oder Schließzeitpunkts der Einlaßventile (2) in bezug auf den Kurbelwinkel von den anderen Zylindern unterscheiden.

16. Steuervorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Temperatur des Kühlmittels des Motors (1) 60°C oder weniger beträgt.

17. Steuervorrichtung für einen Motor (1) mit einem elektromagnetisch angetriebenen Ventil (2) mit einer Einrichtung zum Antreiben und Steuern der Einlaßventile der einzelnen Zylinder des Motors durch derartiges Verändern zumindest entweder des Ventilöffnungszeitpunkts und des Ventilschließzeitpunkts oder des Zündzeitpunkts oder des Soll-Luft-/Kraftstoffverhältnisses des elektromagnetisch angetriebenen Ventils, daß ein Katalysator zur Reinigung des Abgases aktiviert wird.

Hierzu 16 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

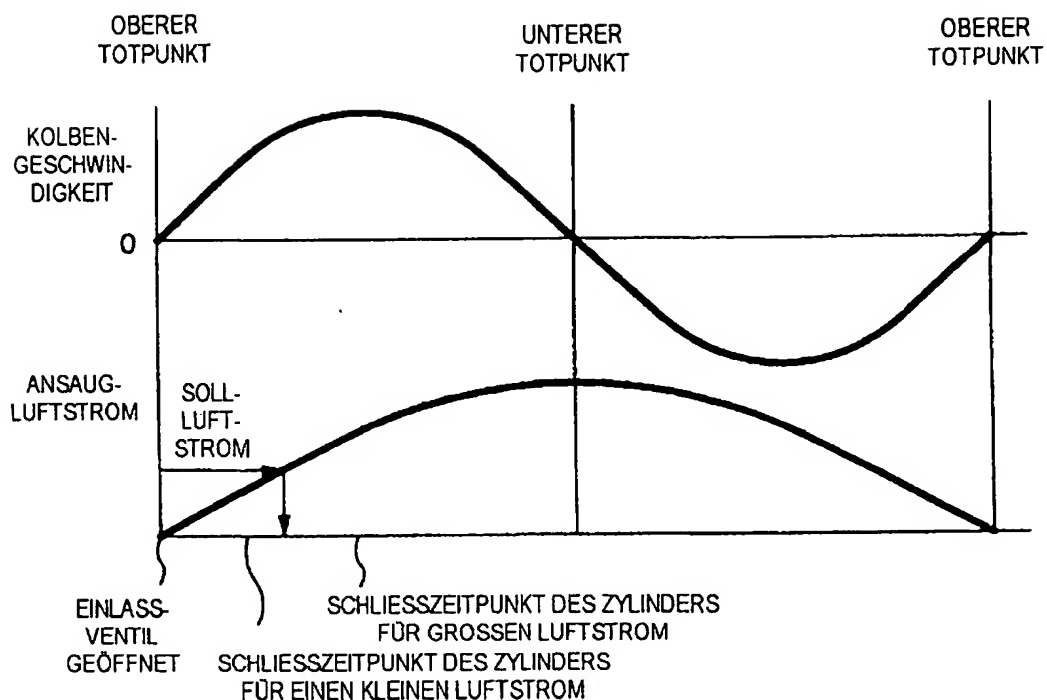


FIG. 2

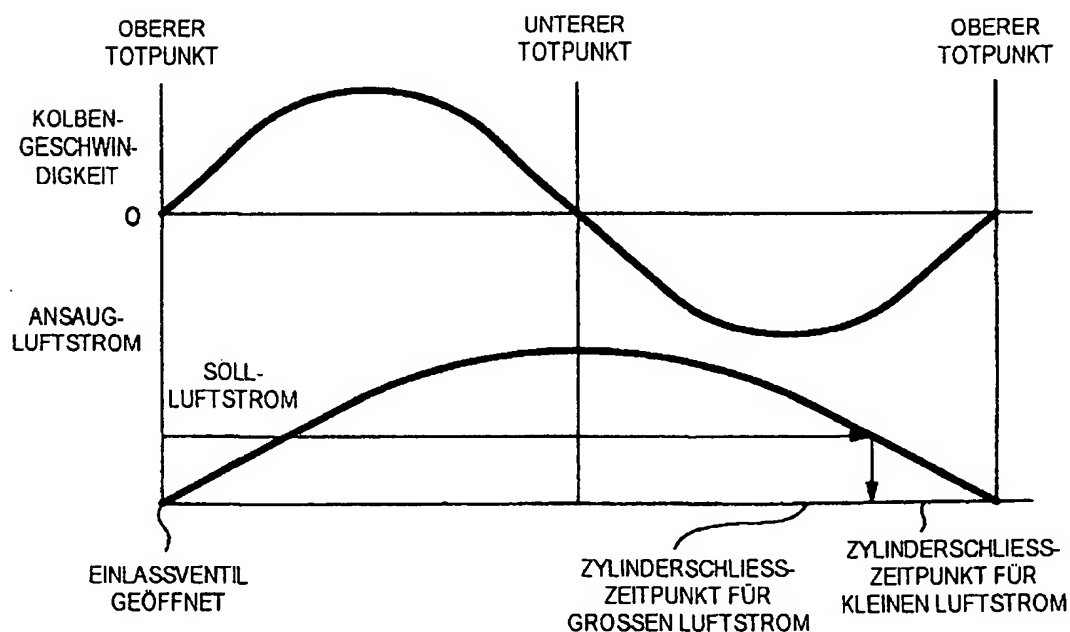


FIG. 3

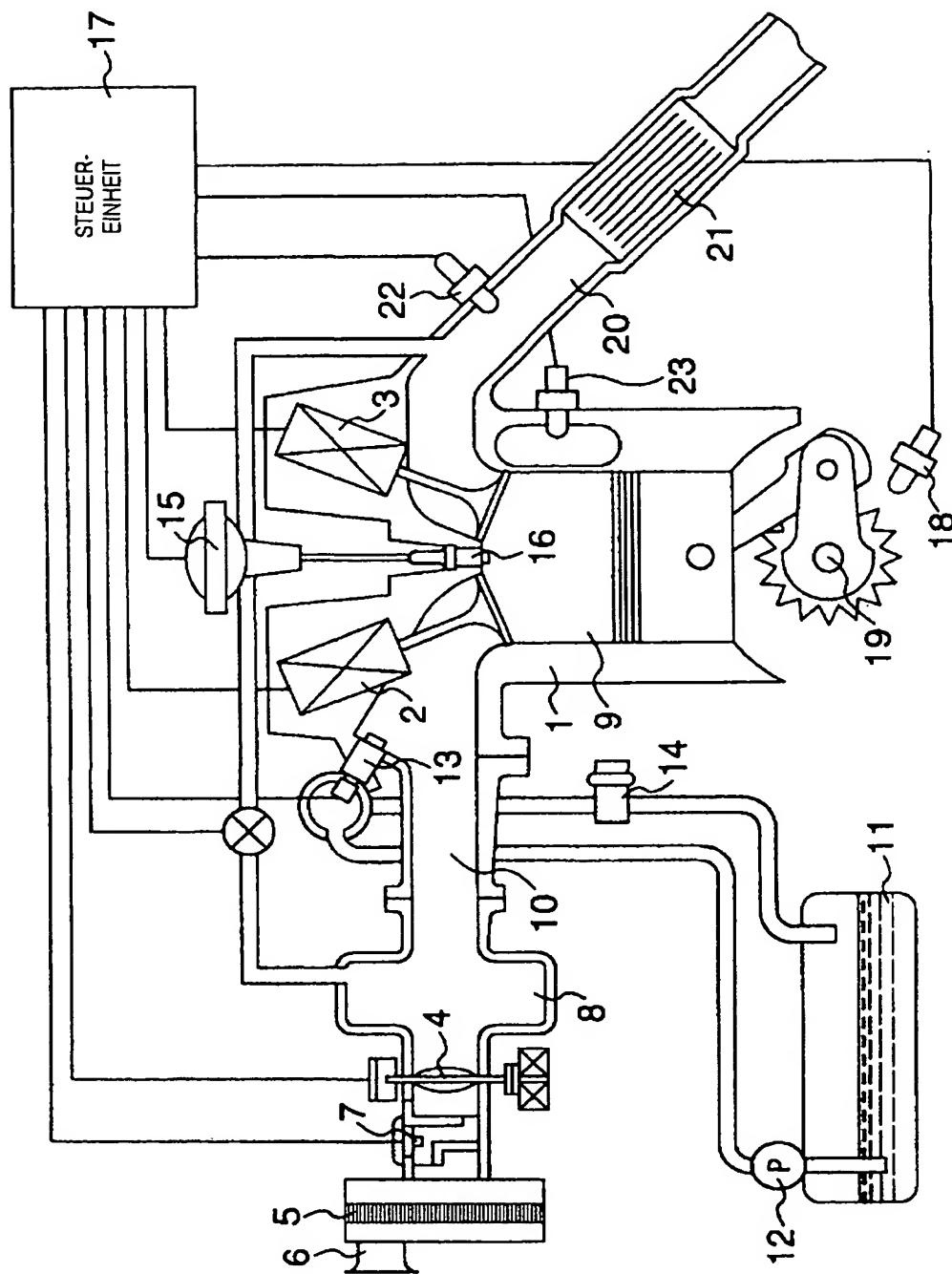


FIG. 4C

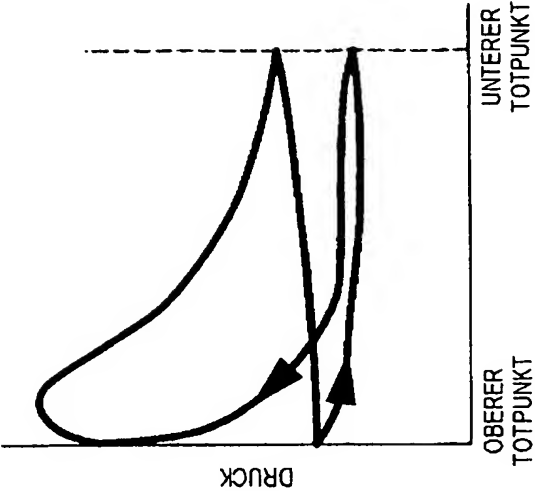


FIG. 4B

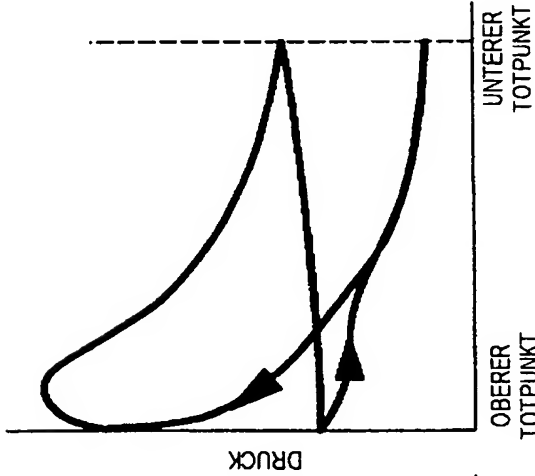


FIG. 4A

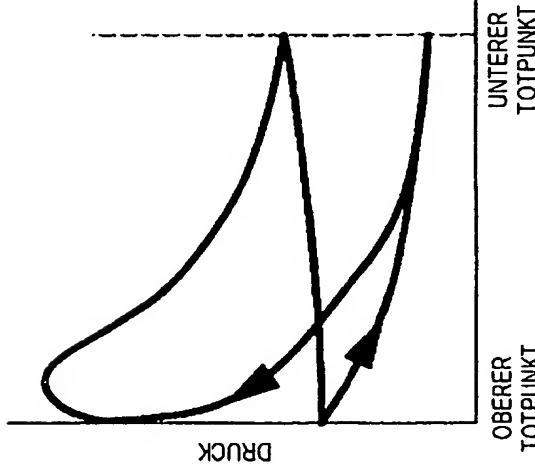


FIG. 5

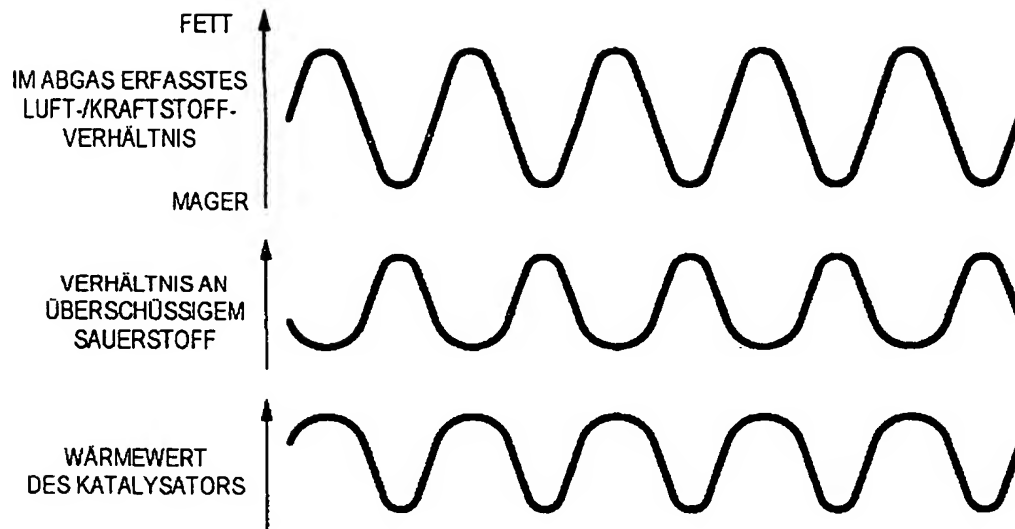


FIG. 6

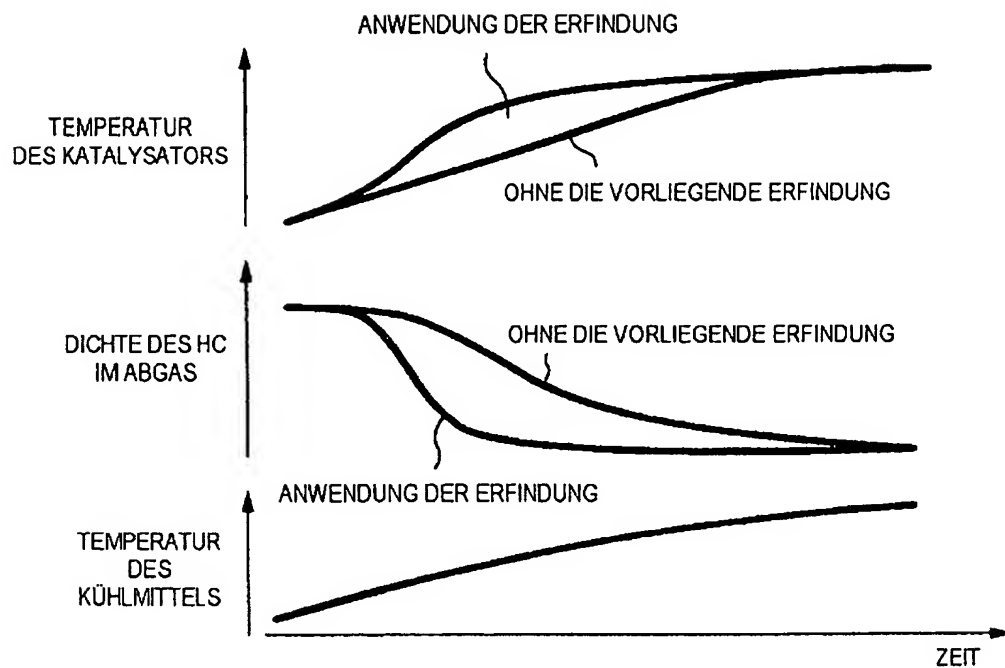


FIG. 7

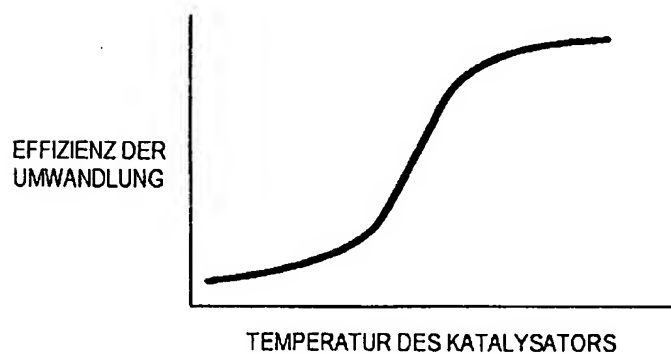


FIG. 8

1. ZYLINDER	☆ ANSAUGTAKT	VERDICHTUNGSTAKT	ARBEITSTAKT	AUSPUFFTAKT ○	☆ ANSAUGTAKT	VERDICHTUNGSTAKT
2. ZYLINDER	AUSPUFFTAKT ●	☆ ANSAUGTAKT	VERDICHTUNGSTAKT	ARBEITSTAKT	AUSPUFFTAKT ●	☆ ANSAUGTAKT
3. ZYLINDER	ARBEITSTAKT	AUSPUFFTAKT ○	☆ ANSAUGTAKT	VERDICHTUNGSTAKT	ARBEITSTAKT	AUSPUFFTAKT ○
4. ZYLINDER	VERDICHTUNGSTAKT	ARBEITSTAKT	AUSPUFFTAKT ●	☆ ANSAUGTAKT	VERDICHTUNGSTAKT	ARBEITSTAKT

- ☆ LANGE ÖFFNUNGSZEIT DES EINLASSVENTILS
- ★ KURZE ÖFFNUNGSZEIT DES EINLASSVENTILS
- MAGERES ABGAS
- FETTES ABGAS

FIG. 9

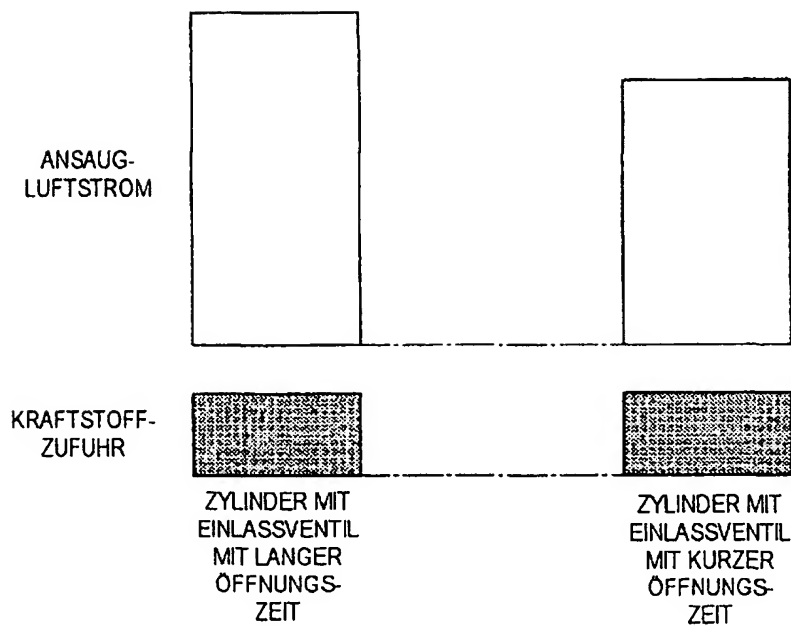


FIG. 10

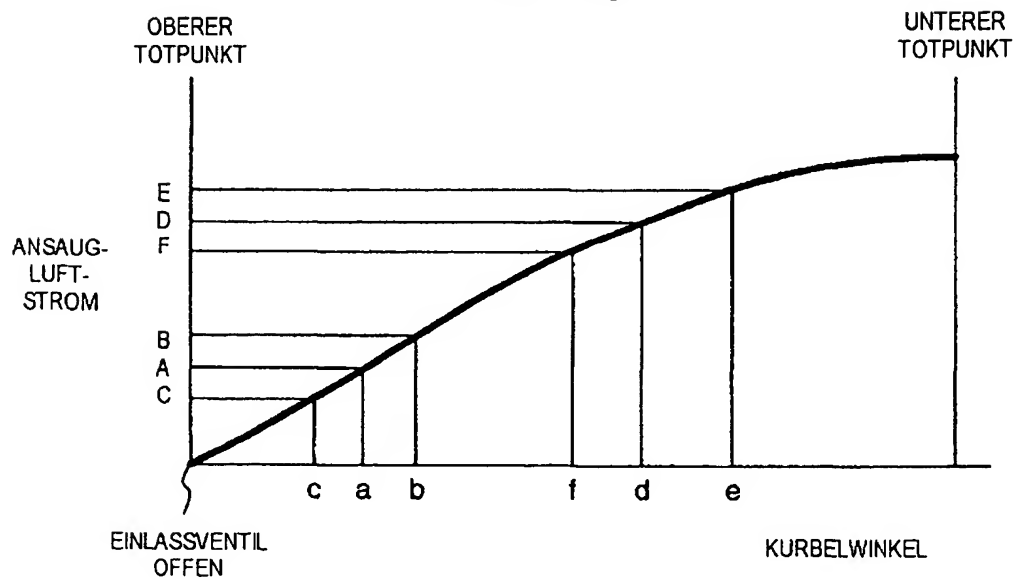


FIG. 11

R: EINLASSVENTIL MIT KURZER ÖFFNUNGSZEIT
L: EINLASSVENTIL MIT LANGER ÖFFNUNGSZEIT

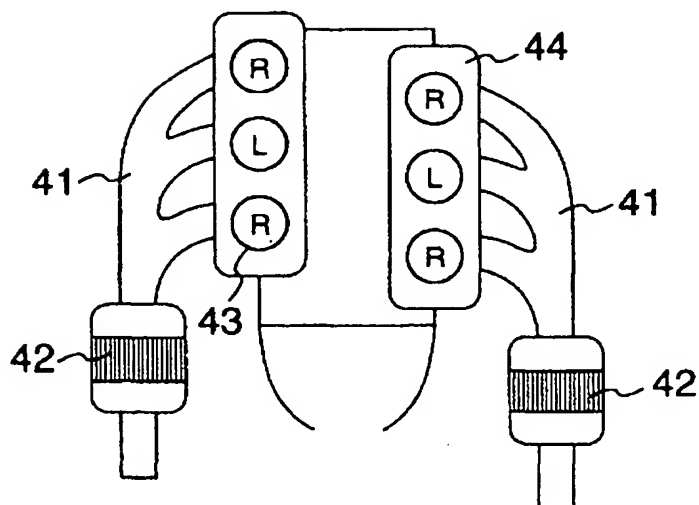


FIG. 12

R: EINLASSVENTIL MIT KURZER ÖFFNUNGSZEIT
L: EINLASSVENTIL MIT LANGER ÖFFNUNGSZEIT

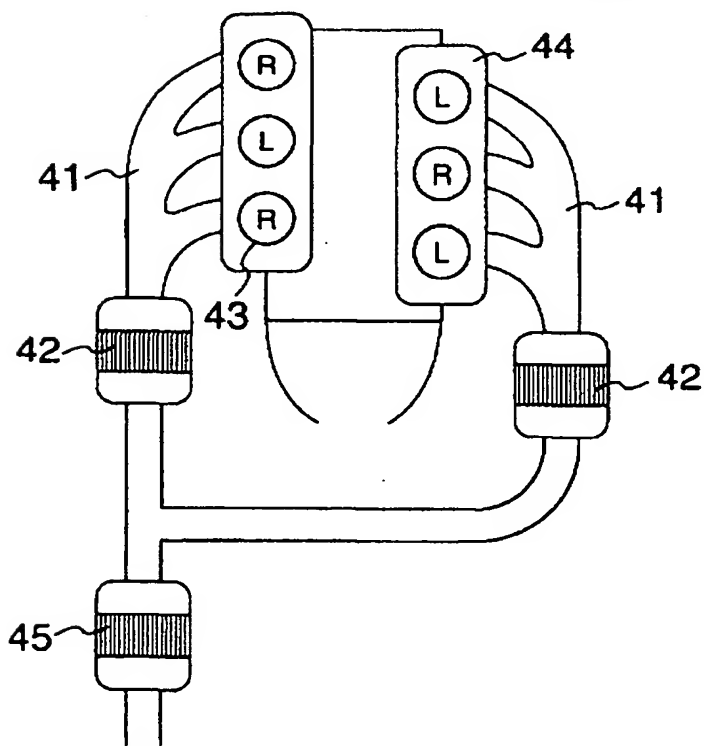


FIG. 13

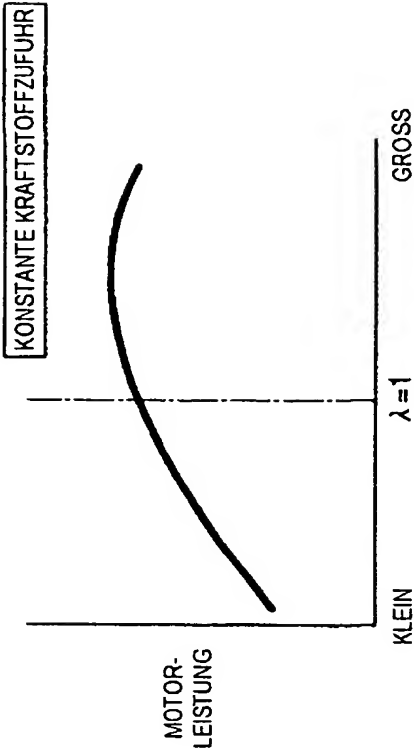


FIG. 16

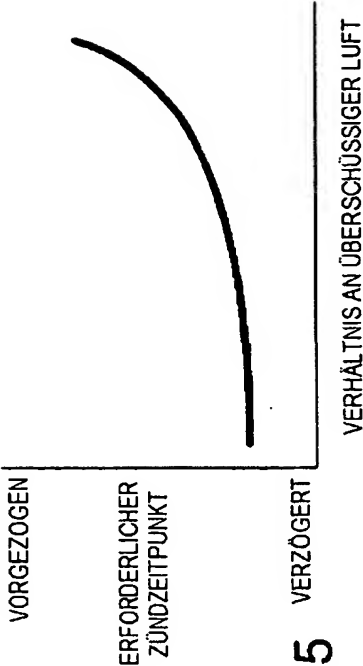


FIG. 15

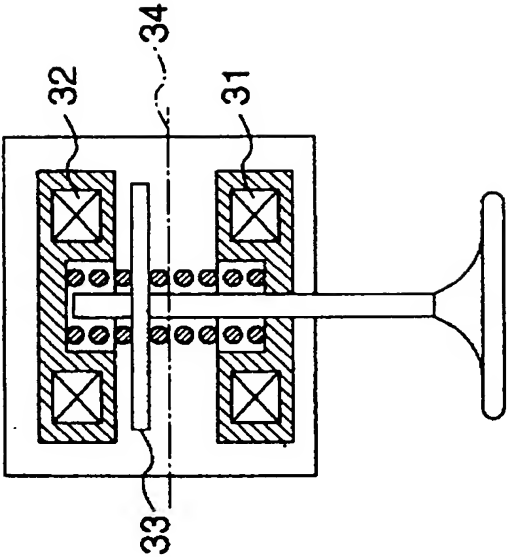


FIG. 14

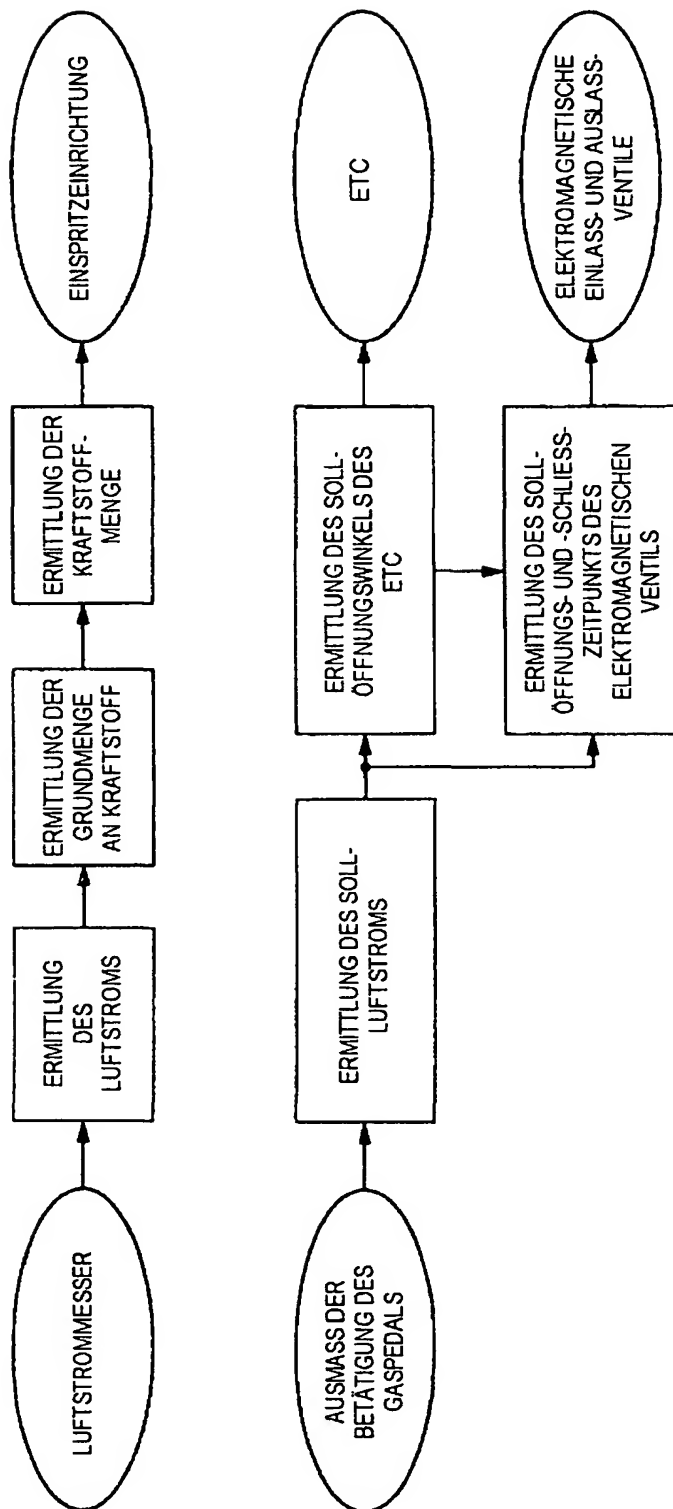


FIG. 17

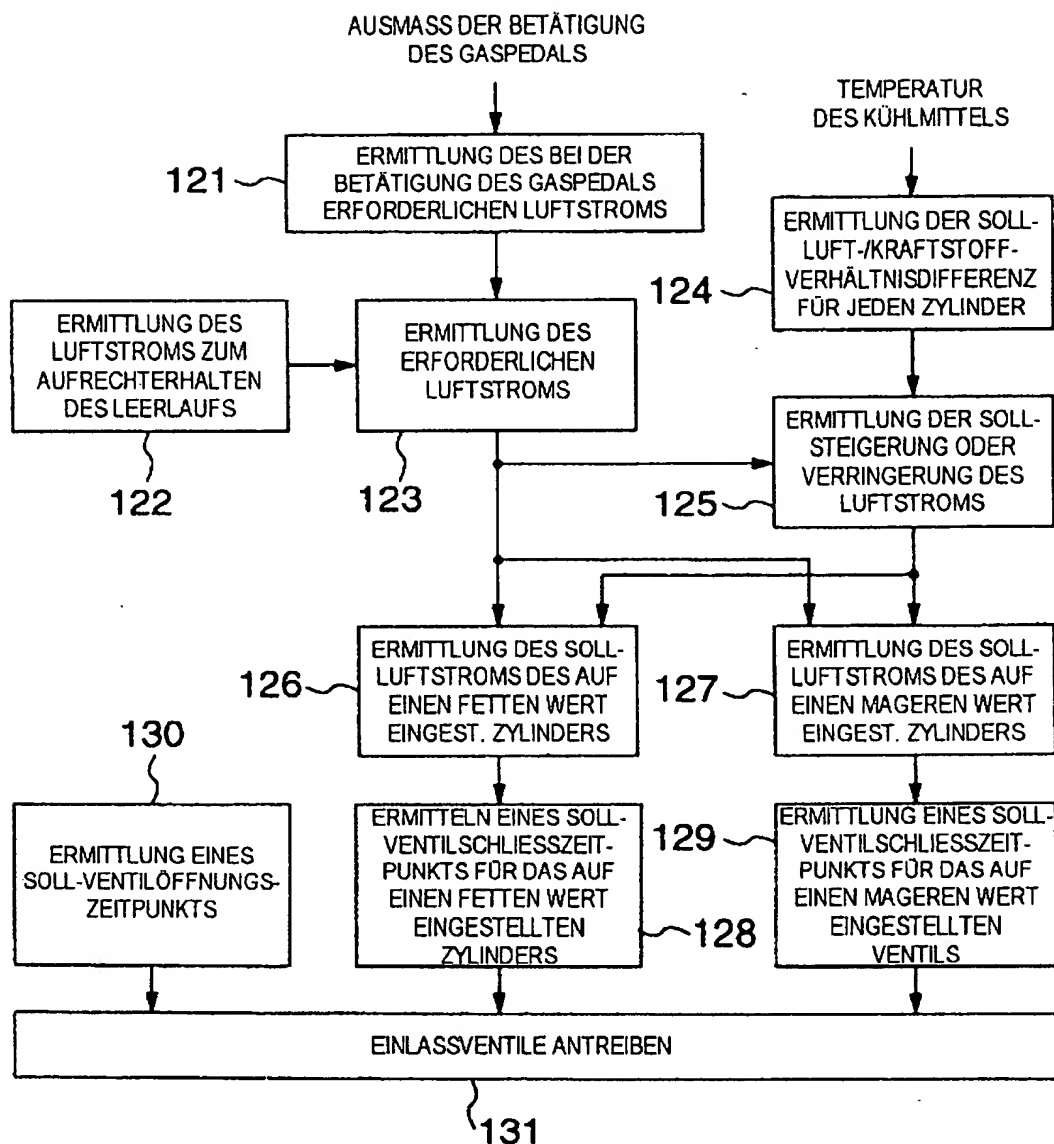


FIG. 18

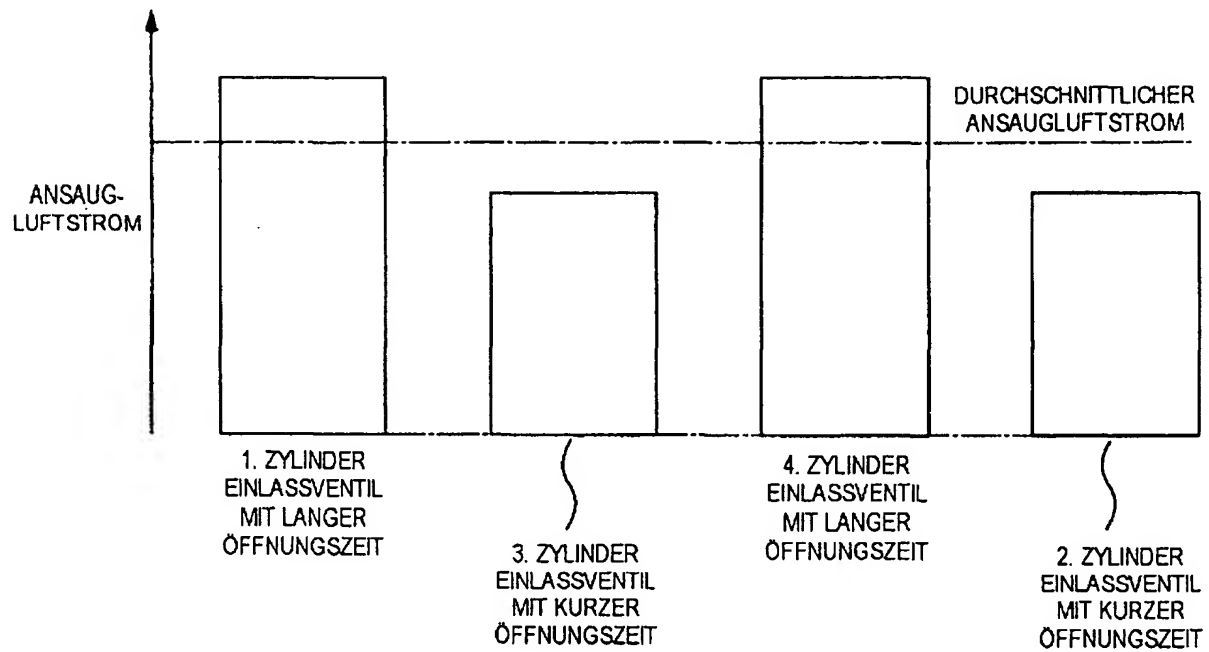


FIG. 19

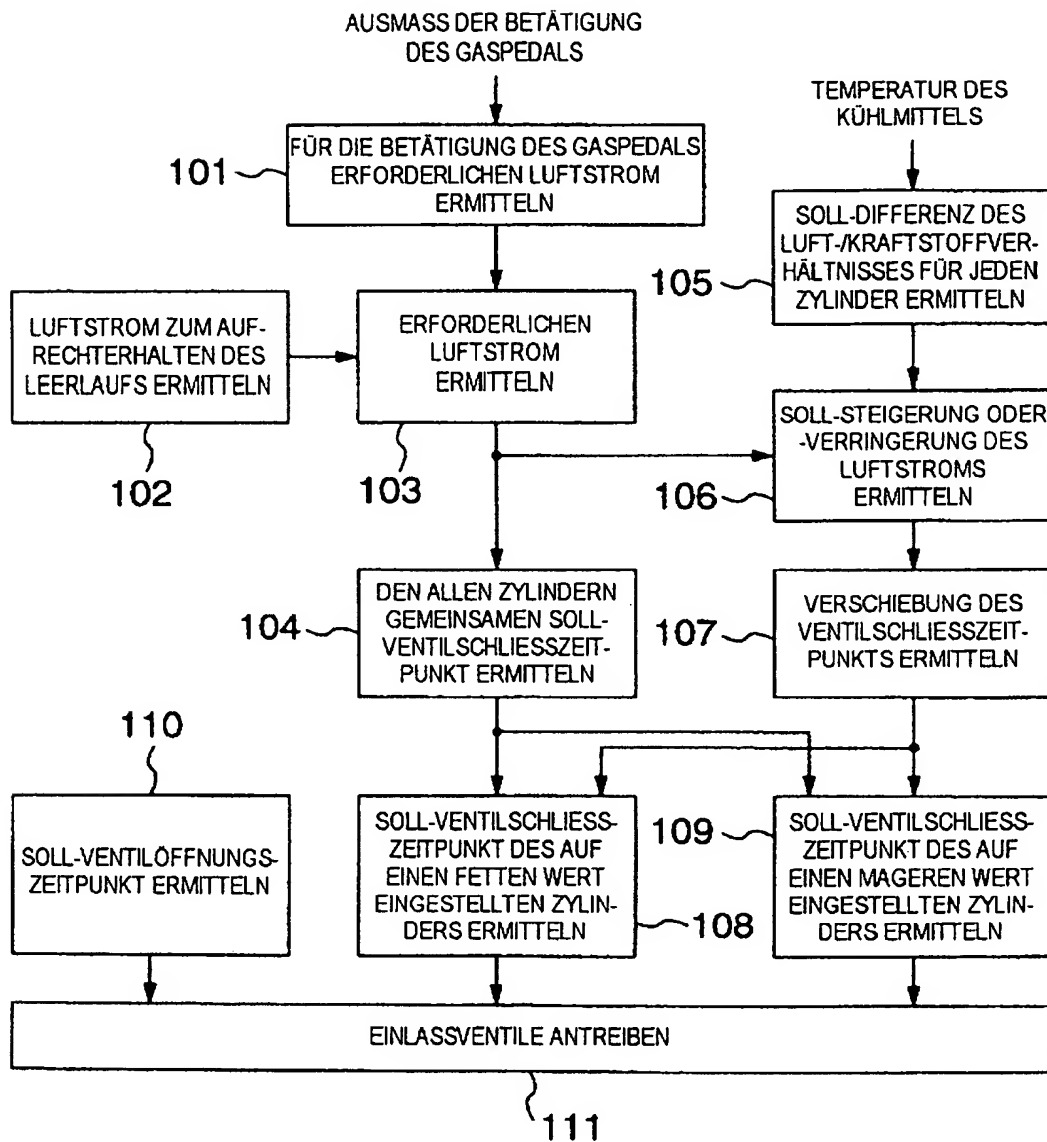


FIG. 20

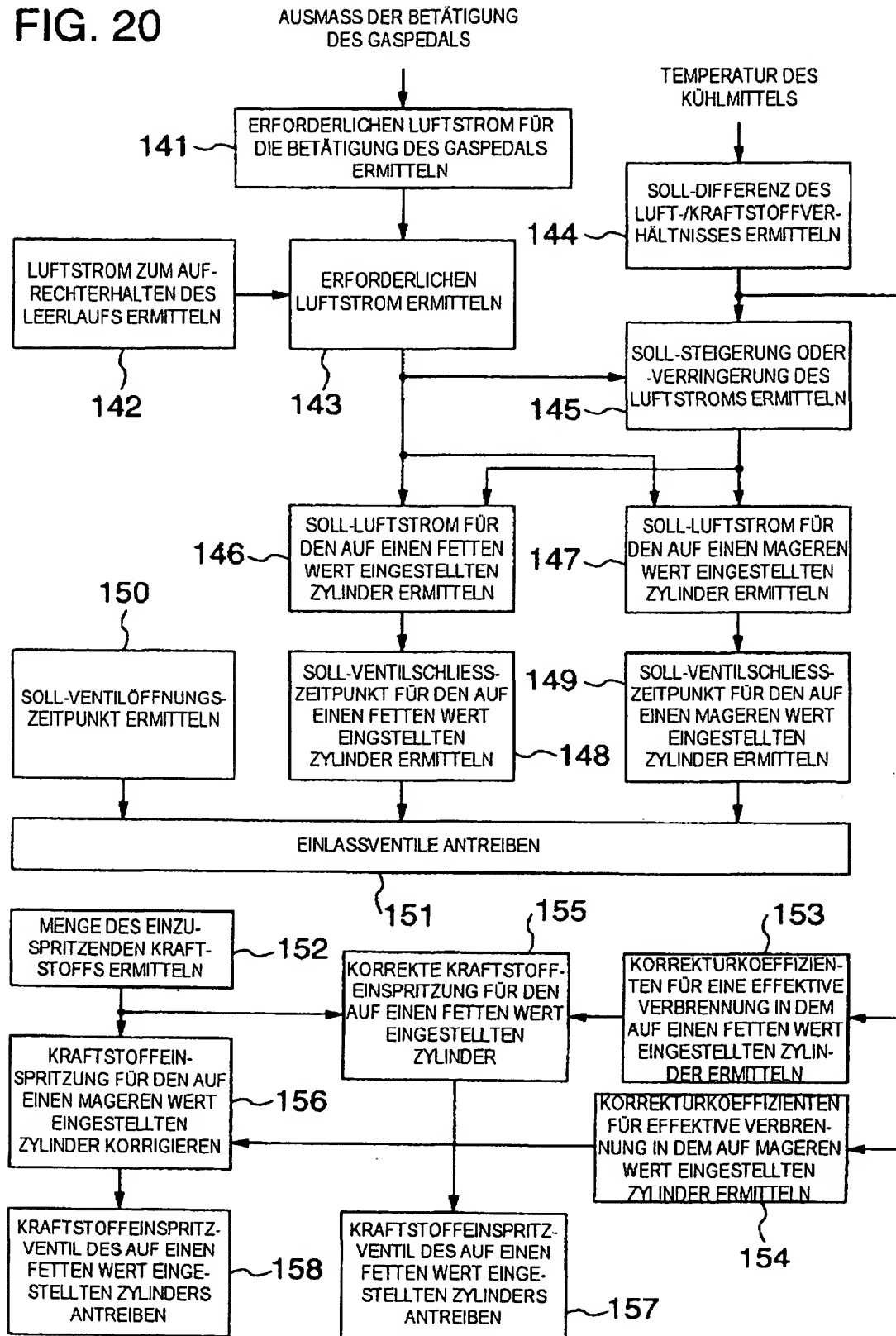


FIG. 21

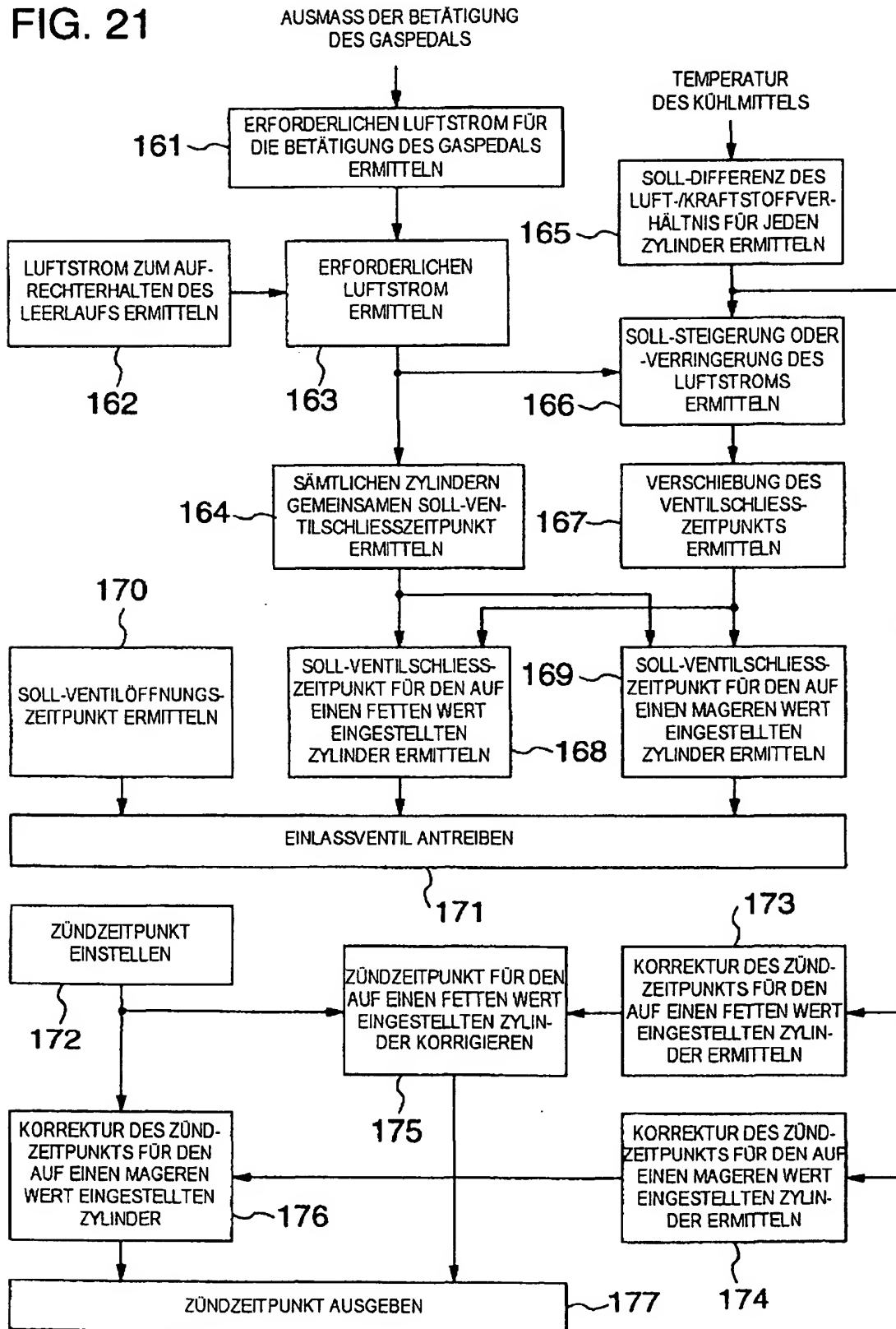


FIG. 22

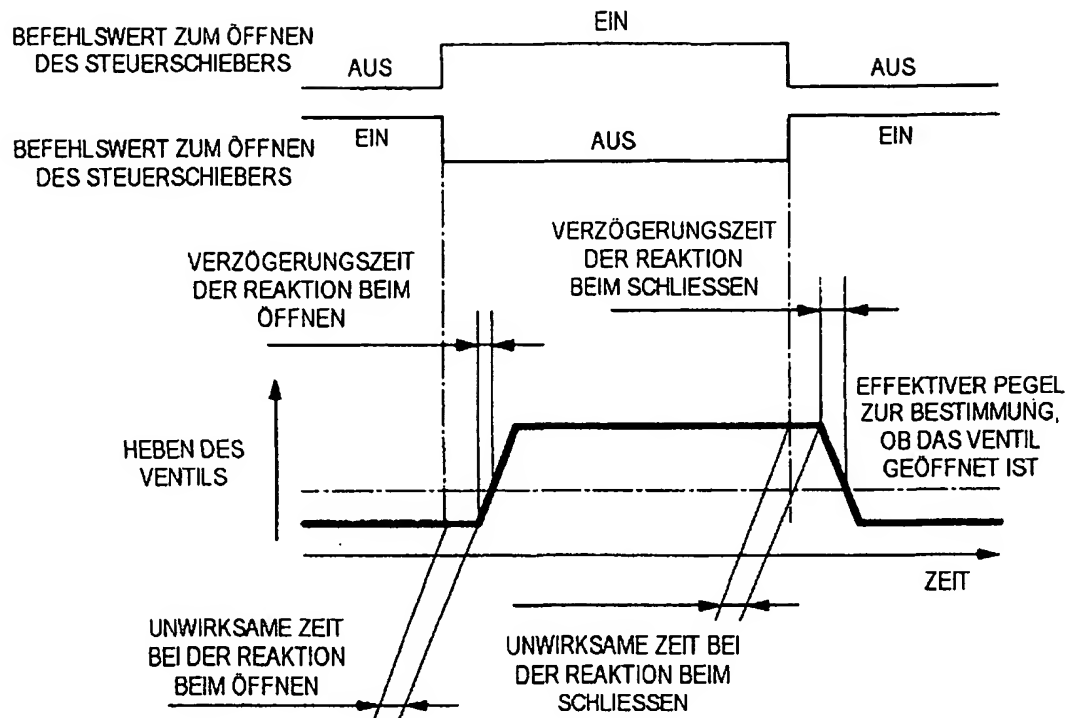


FIG. 23

